

배내천 中流의 底棲性 大型無脊椎動物에 대한 研究 II. ढ둑上下에서의 群集 및 環境比較

吳龍男·全胎秀

釜山大學校 自然科學大學 生物學科

A Study on the Benthic Macroinvertebrates in the Middle Reaches of Paenae Stream, a Tributary of the Naktong River, Korea II. Comparison of Communities and Environments at the Upper and Lower Sites of Levees

Oh, Yong-Nam and Tae-Soo Chon

Dept. of Biology, Pusan National University

ABSTRACT

Benthic macroinvertebrate communities and environments at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of Paenae stream, a tributary of the Naktong River, were investigated in four seasons from August 1989 to May 1990. Current velocities were significantly fast at the lower sites than the upper sites of levees. Substratum compositions were also different between these two sites.

Abundances of major species of benthic macroinvertebrates occurring in four seasons were primarily determined by temperature. In each location of levees, however, current velocities and substratum particle sizes were important in determining species compositions and abundances. At lower sites of levees the collected numbers of species and densities were generally higher than upper sites of levees. Biological indices were also high at the lower sites of levees.

Diversity, evenness and dominance indices were positively correlated with the quantity of the middle-sized large pebbles (3~5 cm in diameter) in stream bed.

緒 論

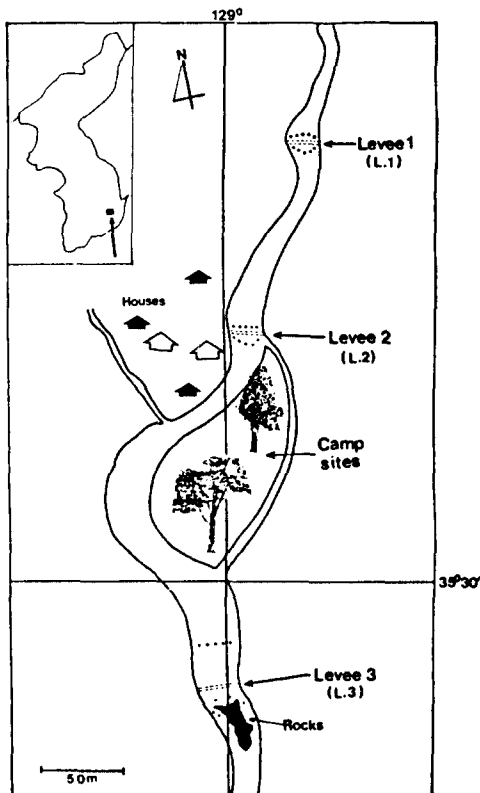
이동성이 낮고, 긴 生活史를 가지는 底棲性 大型無脊椎動物은 인위적이거나 자연적인 환경변이에 민감하기 때문에 장기 및 종합적인 수질환경 평가 재료로 매우 중요하다(Hynes, 1960; 津

田, 1966; Wilhm, 1972; Hellowell, 1986). 일반적으로 많은 환경요인들 중에서 淸淨河川에서는 流速 및 河床構成物이 底棲性 大型無脊椎動物의 棲息을 결정하는 가장 중요한 역할을 한다 (Hunt, 1930; Odum, 1971; Merritt and Cummins, 1984).

우리나라에서는 淸淨하천의 계류에 농업용수의 공급 등을 목적으로 葷둑(levee)을 설치하는데, 이것이 하천의 流速이 河床構成物 변이를 초래해 底棲性 大型無脊椎動物 棲息에 영향을 미치리라 예상된다. 그러나 아직 葷둑에 대한 생태학적 연구가 없다.

국내에서는 底棲生物의 群集構造와 수질관정 등에 대한 많은 조사가 있으나(魏 等, 1974, 1983; 徐와 朴, 1982; 羅 等, 1986, 1989; 尹 等, 1986, 1989a, 1990a, b), 流速이나 河床構成物과 관련지어 底棲性 大型無脊椎動物의 棲息을 연구한 예는 희소하다. 李(1986)는 光州江의 지류인 澄心溪流에서 DO와 河床構成物이 底棲生物의 出現種 數와 個體數 豐富도에 가장 큰 영향을 미친다고 했으며, 尹 等(1989b)은 여름철 보성강에서 底棲生物의 棲息環境 중 流速과 附着性 藻類가 제일 중요한 요인이라고 했고, 權(1991)은 수명강에서 유기물량이 가장 주된 요인이었으나 淸淨地域에서는 流速과 河床構成物이 영양원의 공급이나 분포와 밀접한 관련이 있으며, 이들이 底棲生物群集의 棲息地 결정에 중요한 역할을 했다고 보고했다. 그러나 淸淨地域에서의 4계절에 걸친 底棲生物 群集調査와 이에 미치는 자연환경과 葷둑의 영향에 대한 연구는 희소하다.

본 조사는 배내천 中流에 있는 長善里 野營場 주변에 위치한 葷둑 上下部 地域의 底棲性 大型無脊椎動物相을 비교하고, 葷둑 건설이 群集構造에 미치는 영향을 파악하며 중요 환경과의 관계를 살펴 보고자 하였다.



調査場所 및 方法

慶南 梁山郡 院洞面에 所在한 長善里 野營場 주변에서 배내천 中流의 水中生態系를 대표할 수 있는 3개 지점의 葷둑 上下를 택하여 底棲性 大型無脊椎動物 群集과 환경자료를 조사하였다 (Fig. 1). 본 조사에서 가장 상류쪽에 위치한 葷둑 1 지점(L.1)은 인위적인 영향을 제일 적게 받는 곳이며, 葷둑 2 지점(L.2)은 야영장에서 200 m 정도 상류 지점으로 주변에 농가가 있는 곳이다. 야영장 하류쪽 100 m 정도에 葷둑 3 지점(L.3)은 2 m 정도의 높은 葷둑에 의해 상부와 하부 지역이 구분되어 있으며, 하부 지역의 중앙 부분은 커다란 암석층에 의해서 沼가 형성되어 있다.

Fig. 1 Map of the sampling area in the middle reaches of the Paenae stream, a tributary of the Naktong river in Kyong Nam province. The black dots around levees indicate sampling locations.

붓둑 상하부의 군집 조사는 붓둑에서 상하로 각각 5~7 m 떨어진 지점에서 하천을 횡단하여 3~5 m 간격으로 실시하였다. 단, 붓둑 3 지점의 상부지역에서는 水路, 水深 等の 지형적 환경을 고려하여 붓둑에서 15m 떨어진 곳을 택하였다.

底棲性 大型無脊椎動物은 Surber식 계류용 정량채집망을 사용하였고, 채집된 群集에 대해 優占度(McNaughton, 1967), 多樣度(Wilhm, 1972), 均等度(Pielou, 1966), Trent Biotic Index (Woodiwiss, 1978), Biotic Score(Chandler, 1970), Biological Monitoring Working Party (Hellawell, 1986) 지표 등을 조사하였다.

생물 조사와 병행하여 月別로 氣溫, 水溫, 水深, pH, DO, BOD, 濁度, 流速, 河床構成物의 크기 등을 측정하였다. pH는 전기적 측정법(HI 8314 membrane pH meter)으로, DO는 막전극 측정법(HI 8043 Dissolved oxygen meter)으로 현장에서 조사하였다. BOD는 採水後 5시간 이내에 실험실로 운반하여 20℃의 항온기에 5일간 보관한 후에 측정하였고(APHA *et al*, 1985), 濁度는 흡광도 비교측정법(Shaban MFG Inc. DRT 100B)으로 조사하였다. 流速은 개조된 Gessner의 流速計를 사용하였고, 각 지점에서 採取된 河床構成物은 직경에 따라 큰 돌(large cobble; >10 cm), 작은 돌(small cobble; 10~5 cm), 큰 자갈(large pebble; 5~3 cm), 중간 자갈(small pebble; 3~1 cm), 작은 자갈 및 모래(gravel~sand; <1 cm) 등의 5 종류로 구분하여 상대적 용적을 현장에서 目側(visual estimation)으로 결정했다. 1 cm 이하는 체를 이용하여 크기를 나눈 후 다시 상대적인 용적을 측정하였는데 0.25 mm 이하의 가는 모래는 거의 없었으므로 작은 자갈(gravel; 1~0.5 cm)과 모래(sand; 0.5 cm 이하)로 구분하였다.

結果 및 考察

環境調査

계절별, 조사지점별 붓둑 상하에서의 이화학적 環境要因에 대한 三元分散分析法(three way - ANOVA test)를 한 결과 Table 1과 같았다. 수온, pH, DO, 탁도 등은 계절별 차이만 나타났고, 조사지점이나 붓둑 上下에서의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 조사지점에 따라 차이를 나타낸 요인들은 BOD, 流速, 큰 돌(large cobble), 작은 돌(small cobble), 작은 자갈(gravel) 등이었다. 특히 BOD의 경우 계절과 지점의 文相互作用에서도 차이를 나타냈는데, 이는 여름에 이곳 野營場을 찾아오는 행락객들에 의해 제 4, 5 지점의 유기물량이 선택적으로(BOD가 각각 2.3 ppm, 1.4 ppm) 증가한 것이 한 원인이 아닌가 사료된다(Table 1).

붓둑 上下지점내에서 뚜렷한 차이를 나타낸 環境要因들은 流速 및 큰 돌과 작은 자갈의 용적이었다. 流速은 계절별, 지점별로는 차이를 보였으나, 붓둑 上下에서 통계적으로 더 큰 차이를 나타내어 붓둑이 流速변화에 미치는 영향이 클 수 있음을 시사하였다. 평균 流速은 上部地域에서는 16.3 cm/sec, 下部地域에서는 42.3 cm/sec이었는데(Fig. 2), 조사시기 및 지형에 따른 변이가 커서 느린 곳은 5 cm/sec 이하, 빠른 곳은 100 cm/sec 이상인 곳도 많았다. 붓둑 3개 지점의 상부지역 유속은 계절 변이가 비교적 일정하여 90년 3월에 가장 빨랐고 8월에 가장 늦었다. 그러나 하부에서는 조사지점에 따라 차이를 보였고 전 계절에 걸쳐 L.2 지점에서 가장 빨랐다(Fig. 2).

河床構成物의 경우 10 cm 이상의 큰 돌과 1 cm 이하의 작은 붓둑 上下에서 용적의 차이를 나타내었는데, 上部地域에서는 1 cm 이하의 작은 자갈이 상대적으로 가장 많았고, 上部地域에서

Table 1. F-values and their associated levels of significance for three-way ANOVA test on physico-chemical variables observed in the middle reaches of the Paenae stream from August 1989 to May 1990.

Variables	Sources of variation						
	Se ¹ (n=4)	Lo ² (n=3)	Le ³ (n=2)	Se × Lo	Se × Le	Lo × Le	Se × Lo × Le
Water temp.	456.795***	1.797	0.025	2.808	0.078	0.000	0.000
pH	35.448***	1.443	0.032	2.006	0.032	0.032	0.032
DO	14.119***	1.401	0.000	2.055	0.093	0.000	0.093
BOD	11.822***	7.068**	0.005	3.545*	0.182	0.828	0.218
Turbidity	17.172***	2.210	0.017	1.185	0.016	0.008	0.018
Current velo.	9.116***	5.185**	46.290***	0.435	0.871	0.679	0.363
Large cobble	0.348	3.040*	10.186**	0.366	0.359	2.292	0.182
Small cobble	0.943	3.061*	0.112	0.787	0.191	0.752	0.461
Large pebble	4.073*	0.588	0.089	0.869	0.505	0.435	1.288
Small pebble	1.266	1.382	0.146	0.710	1.153	1.113	0.689
Gravel & sand	1.796	4.098*	5.502*	0.714	0.340	2.979	0.718

*Significant level:0.05, **Significant level:0.01, ***Significant level:0.001,

¹Season, ²Location, ³Levee

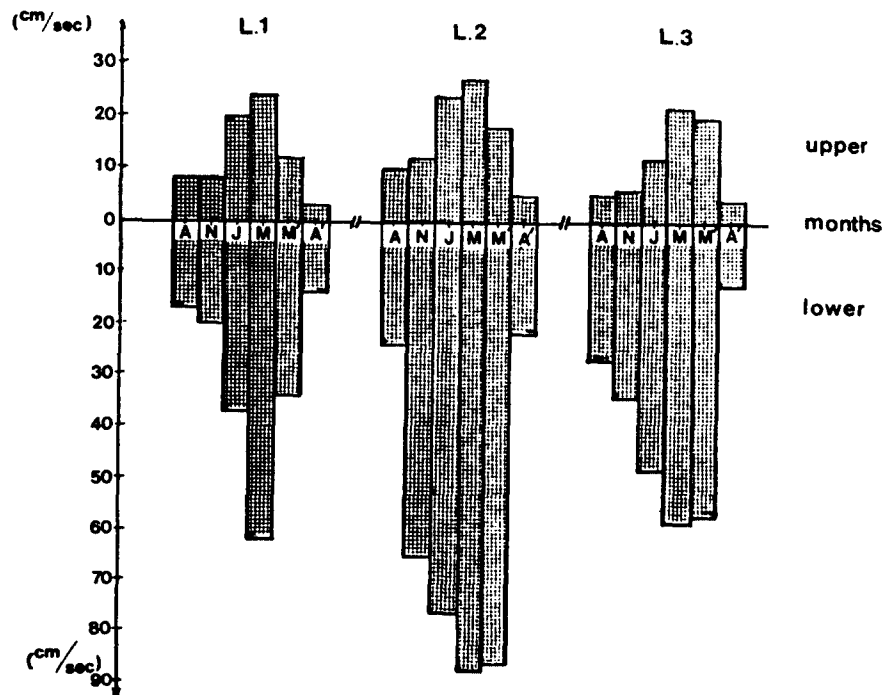


Fig. 2 Current velocities at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of the Paenae stream in different seasons. (A: Aug. '89, N: Nov. '89, J: Jan. '90, M: Mar. '90, M: May '90, A: Aug. '90)

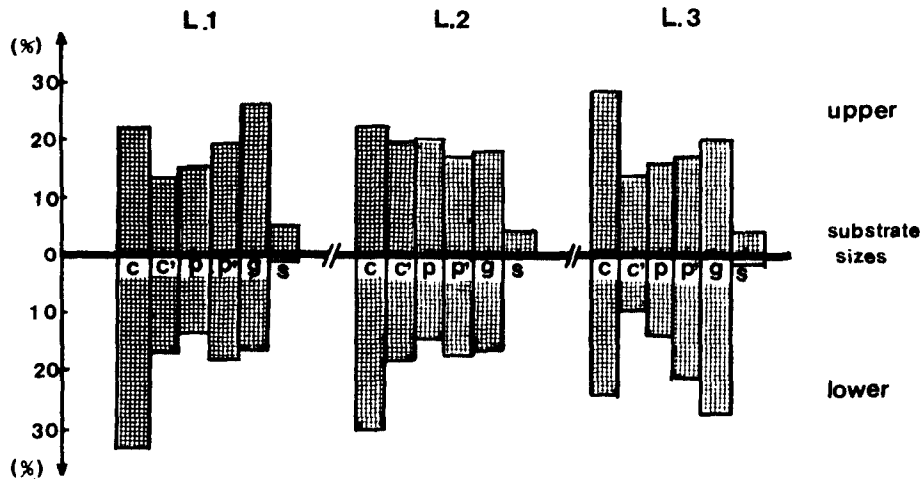


Fig. 3 Occurrence(%) of substratum particles in the different sizes at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of Paenae stream, (c:>10cm, c':5~10cm, p:3~5cm, p':1~3cm, g:0.5~1cm, s:<0.5cm)

는 10 cm 이상의 큰 돌이 많았다(Fig. 3). 특히 0.5 cm 이하의 모래의 경우 流速이 빠른 下部地域에는 거의 없었는데 비해 낮은 비율이지만 上部地域에서는 나타나 붓둑 上下에서 차이를 보였다. 모래의 비율이 전반적으로 낮은 것은 調査地域이 中流이므로, 河床에는 비교적 크기가 큰 河床構成物이 많았기 때문에 사료된다. 河床構成物을 각 크기별로 100%로 환산하여 비교한 결과 Fig. 4와 같았다. 대체로 L.3의 중간 자갈과 작은 자갈을 제외하고는 3개 지점의 용적비가 유사했는데 上部地域에서는 작은 것일수록 높게 나타나고, 下部地域에서는 반대로 큰 것일수록 높게 나타났는데, 모래의 경우 상하부지역에서 가장 뚜렷한 차이를 나타냈다. L.3의 下部地域에서 작은 자갈이 큰 돌보다 더 높게 나타난 것은 L.3 下部地域의 중앙부 沼(pool zone)가 형성되어 있었기 때문인 것으로 사료된다. (Fig. 3, 4)

群集比較

가) 種構成

붓둑 상부와 하부 지역의 種構成에 다소의 차이가 있었다. 조사기간 동안에 상부지역에서 채집된 86種 중 16種이, 下部地域에서는 104種 중 20種이 上部 또는 下部地域에 한정되어 채집되었다(Table 2). 5개체/m² 이상 상부지역에서만 채집된 種들은 날도래목의 *Asynarchus kua* (T56)를 제외하고는 대부분 파리목과 잠자리목, 貧毛類였으며, 5개체/m² 이상 하부지역에서만 출현한 種들은 *Orthocladius* sp.4(D107)를 제외하고는 하루살이목과 날도래목이었다. 그들중 *Pseudocloeon* sp.2(E20), *Plectrocurmia* sp.2(T 50) 및 *Goerodes* sp.1(T 64)과 *Helodes kua*(C 67) 등은 하부지역에서 평균 10개체/m² 이상 多數 채집되었는데 이들은 빠른 流速에 적합한 種들이었다. 또 상부지역에서만 평균 10개체/m² 이상 多數 출현한 *Polypedilum* sp.2(D 90)와 *Brillia* sp.1(D 99) 등은 河床構成物의 크기가 작은 곳에 적응한 種들이었다(Merritt and Cummins, 1984). 기타 種들은 대부분 5개체/m² 이하의 낮은 密度로 채집되었는데, 尹 等

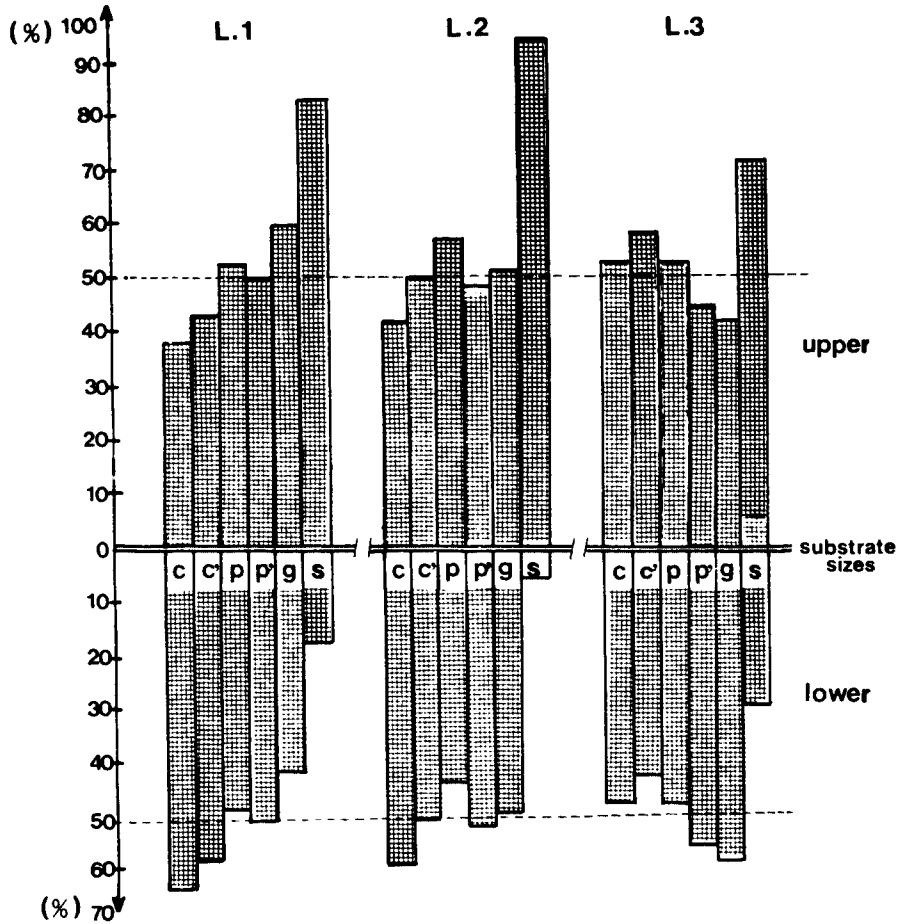


Fig. 4 Relative occurrence(%) of substratum particles in each size at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of Paenae stream when the observed volume was converted to 100% in each size. (c: >10 cm, c': 5~10 cm, p: 3~5 cm, p': 1~3 cm, g: 0.5~1 cm, s: <0.5 cm)

(1989b)은 Surber 계류용 정량채집망(50 × 50 cm)의 조사효율을 시험한 결과 조사지점당 3회~4회 정도의 반복이면 수서곤충상을 파악하기에 충분하며, 12회 이상이면 더이상 出現種數의 변동이 없었다고 보고했다.

본 조사에서는 한 조사당 9~15회, 전체적으로 上部地域은 52회, 下部地域은 48회 채집한 결과이므로 이들 種들도 상당수 각 상하부 지점에서의 流速과 河床構成物에 적응한 種일 가능성이 많다고 사료된다(Table 2).

上部와 下部地域에서 공통적으로 出現한 68種들의 경우는 채집 密度에서 차이를 보였는데, 대부분의 種들은 流速이 빠른 下部地域에서 더 많이 出現하였다. 그러나 種에 따라 流速이 느린 上部地域에서 더욱 높은 密度로 出現한 경우도 있었는데 대표적으로 *Ephemera strigata*, *Caenis kua* 및 *Neophemera kua*이었다. 이들은 완만한 流速 및 모래와 같이 작은 河床構成物에 적응한

Table 2. Species compositions at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of the Paenae stream. #

Sites	Total number of species	Total number of individuals	Species exclusively occurred
Upper	86	5,938	PA2, T54, T56*, C72, C73, C75, D90**, D91, D93, D94*, D96, D99**, O117, O118*, AO123*, Ao124,
Lower	104	6,893	E14*, E17*, E20**, E21*, E26*, T50**, T55, T61, T62, T63, T64**, T66, C67**, D79, D98, D103, D105, D107*, D111, D112,

*Species collected more than 5 individuals per m².

**Species collected more than 10 individuals per m².

Abbreviations listed in the table are: E: Ephemeroptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, C: Coleoptera, D: Diptera, M: Megaloptera, O: Odonata, Ao: Oligochaeta. Numbers following the symbols indicate the sequence number for species in the Table 2 in the preceding article(Oh and Chon, 1991).

葡萄型(sprawlers)과 掘潛型(burrowers)이었다(Merritt and Cummins, 1984).

나) 優占種 및 優占度

각 조사지점과 계절에 따라 다소의 차이는 있었으나 붓둑 상부지역에서는 전체 採集群集에서 전계절에 날도래目的 *Lepidostoma* sp.1이 제1 優占種인 반면, 하부지역에서는 여름과 봄에만 이種이 제1 優占種이었고 가을과 겨울에는 각각 하루살이目的 *Heptagenia kihada*와 파리目的 *Diamesa* sp.1이 제1 優占種이 되었다(Table 3). 여름에는 제1 優占種은 상하부에서 *Lepidostoma* sp.1으로 같았으나, 제2 優占種의 경우 상부지역 전체에서는 *Heptagenia kihada*인 반면, 하부지역 전체에서는 *Kiotina* sp.1이었다. 가을에는 상부지역 전체의 제1 優占種은 *Lepidostoma* sp.1, 제2 優占種은 강도래目的 *Neoperla quadrata*인데 반해, 하부지역 전체에서는 *Heptagenia kihada*가 제1 優占種으로 나타났고, *Lepidostoma* sp.1이 제2 優占種이었다. 전체적으로 파리目的 *Diamesa* sp.1이 제1 優占種으로 나타난 겨울에도 상부지역 제1, 2 優占種은 *Lepidostoma* sp.1, *Diamesa* sp.1이었는데, 하부지역에서는 *Diamesa* sp.1이 제1 優占種, *Rheocricatopus* sp.1이 제2 優占種으로 나타났다. 봄에는 상하부지역에서 모두 *Lepidostoma* sp.1이 제1 優占種, *Heptagenia kihada*가 제2 優占種이었다(Table 3).

優占度は 계절별 전체군집조사로 볼 때 여름에는 붓둑 상부에서 0.39로 하부의 0.68보다 낮았으며, 기타 계절에는 유사했으나 겨울에는 상부가 약간 높았다. 대체로 *Lepidostoma* sp.1이 優占種일 때는 상대적으로 우점율이 높아 평균 0.55이었고, 다른 種들이 優占種일 경우는 평균 0.33으로 낮았다. 그러나 계절과 장소에 따라 붓둑 상하에서 변이가 큰 곳도 있었다(Table 3). L.1 지점에서는 *Heptagenia kihada*가 제1 우점종인 봄에 상부지역의 우점도가 높았고, L.2 지점에서는 *Lepidostoma* sp.1이 우점종이던 가을과 겨울에 상부지역에서 훨씬 높았다. L.3 지점은 여름에는 하부에서 높았다. 이와 같이 계절별, 지점별 우점도의 변이가 나타난 것은 붓둑 건설로 인한 유속과 하상구성물의 변이 및 미소서식처에 미치는 가변적인 환경 영향 등에 의해서 優占種들의 집중적 出現率에 차이를 보인 것으로 사료되나, 보다 자세한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

Table 3. Dominant species and indices(DI) at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of the Paenae stream.*

August 1989.			
Sites	1st dominant species	2nd dominant species	DI
L.1 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Ecdyonurus</i> kua	0.44
L.1 l	<i>Kiotina</i> sp. 1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.46
L.2 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Ecdyonurus</i> kua	0.69
L.2 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.58
L.3 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Kiotina</i> sp.1	0.36
L.3 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.74
Overall u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.39
Overall l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Kiotina</i> sp.1	0.68
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.68
November 1989.			
L.1 u	<i>Ecdyonurus</i> kua	<i>Caenis</i> kua	0.32
L.1 l	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.48
L.2 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Ecdyonurus yoshidae</i>	0.61
L.2 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.24
L.3 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Neoperla quadrata</i>	0.48
L.3 l	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Capnia</i> kua	0.28
Overall u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Neoperla quadrata</i>	0.40
Overall l	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.40
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.46
January 1990.			
L.1 u	<i>Paraleptophlenia chcorata</i>	<i>Ecdyonurus</i> kua	0.25
L.1 l	<i>Capnia</i> kua	<i>Rheocricatopus</i> sp.1	0.27
L.2 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Rheocricatopus</i> sp.1	0.71
L.2 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Rheocricatopus</i> sp.1	0.55
L.3 u	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.48
L.3 l	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.31
Overall u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Diamesa</i> sp.1	0.35
Overall l	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Rheocricatopus</i> sp.1	0.26
Total	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.33
May 1990.			
L.1 u	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.51
L.1 l	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Drunella cryptomeria</i>	0.39
L.2 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Neophemera</i> kua	0.74
L.2 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Orthocladius</i> sp.1	0.77
L.3 u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.44
L.3 l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.46
Overall u	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.54
Overall l	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.57
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.55

*u: upper sites, l: lower sites.

다) 分類群 및 機能群

주요 분류군별로 上部地域과 下部地域의 채집 密度를 비교해 본 결과 Fig. 5와 같았다. 가장 많이 출현한 하루살이目的 경우 붓둑 하부지점에서 가을에 密度가 높았다가 점차로 감소했다. 반면 상부지점에서는 겨울이 最盛期가 되었는데 이는 이 시기에 낙엽 등의 유기물 축적이 많아 collectors와 shredders에 속하는 種들이 많이 출현했기 때문이라고 사료된다. 流速이 빠른 곳에 적응한 강도래目的은 대체로 下部地域에서 높게 나타났고, 상하부 지역의 계절별 출현 추세가 가장 많이 나타나는 하루살이目的과 유사해 대부분 predators(포식자)인 강도래目的이 하루살이目的을 먹이로 많이 의존한다는 것을 간접적으로 시사했다. 날도래目的은 여름에 하부에서, 겨울에 상부에서 높게 출현하였는데, 상부에서는 겨울에 最盛期가 되어 비교적 다른 種들의 출현양상과 비슷했으나 하부에서는 봄에만 많이 채집되고 기타 계절에는 일정하게 채집되었다. 파리目的의 대부분은 완만한 流速에 적응된 種들이었는데 流速이 상대적으로 느린 上部에서 밀도가 높았다. 특히 깔다구科의 *Polypedilum* sp.2, *Diamesa* sp.1, *Orthocladius* sp.1, *Rheocricatopus* sp.1 등이 집중적으로 출현하였다(Fig. 5).

붓둑 上下에서 기능군(functional group)의 분포양상은 Fig. 6과 같다. 전체적으로 shredders를 제외하고 상하부지점에서 발생유형은 대칭적으로 유사했다. 하부 지역에서 密度가 높았으나

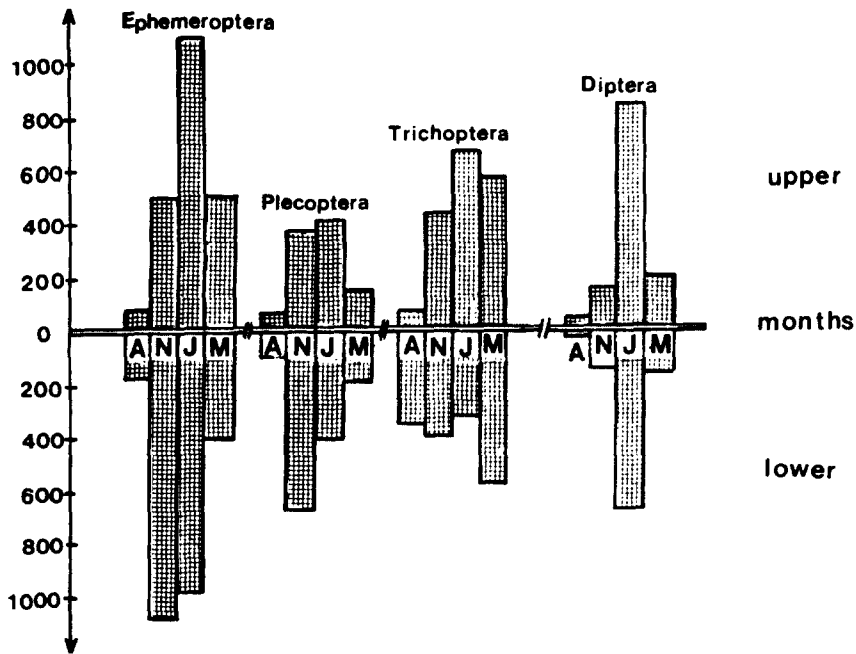


Fig. 5 Densities of major invertebrate groups collected at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of the Paenae stream in different seasons. (A: Aug, '89, N: Nov, '89, J: Jan, '90, M: May '90)

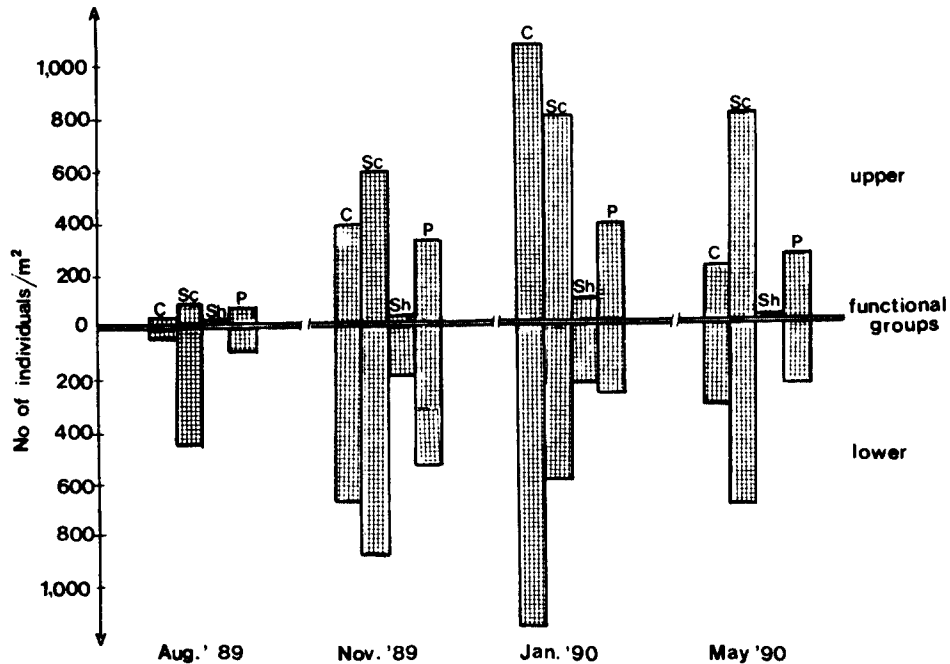


Fig. 6 Densities of functional groups collected at the upper and lower sites of levees in the middle reaches of the Paenae stream in different seasons. (C; collector, Sc; scraper, Sh; shredder, P; predator)

scrapers와 predators는 겨울과 봄에 상부에서 더 많이 출현하였다. Shredders는 상하부에서의 발생이 대칭적이지 않았는데, 하부에서는 가을과 겨울에 집중적으로 출현하고 상부에서는 전 계절에 출현했으나 겨울을 제외하고는 밀도가 낮았다. Merritt and Cummins(1984)에 의하면流速이 느린 곳에서는 비교적 collectors와 scrapers의 밀도가 높고, 빠른 곳에는 상대적으로 shredders와 predators가 높은 밀도로 분포한다고 하였으나, 본 조사에서는 上部地域에 비해 상대적으로流速이 빠른 下部地域에서도 collectors와 scrapers가 높은 밀도로 나타났다. 이는 붓둑 상하가 국소적인 환경변화이어서 상부의 영양원이 하부로 전달된 것이 한 원인이 아닌가 생각되나, 여러 가지 요인들이 관련될 수 있는 가능성이 크므로 계속 조사가 필요하다고 사료된다 (Fig. 6).

라) 生物指標

붓둑 상하부의 群集에 대한 생물지표들을 Table 4에 비교했다. 種數는 하부지점에서 겨울을 제외하고 상부지점보다 높았다. 겨울에는 하루살이목과 파리목의 특정 種들이 상부지점에서 집중적으로 출현했기 때문이었다(吳와 全, 1991). 多樣도와 均等도는 여름을 제외하고는 하부지역에서 높게 나타났는데, 出現種數가 상대적으로 낮은 여름과 겨울에는 두 지수가 낮았다.

流速이 빠른 여름에는 種多樣度 및 평균 밀도가 높고,流速이 느린 곳 등에서는 多樣度 및 밀도가 낮는데(Moon, 1939; Odum, 1971), 본 조사에서도 이러한 현상을 관찰할 수 있어 거리가

Table 4. Comparison of biological indices at the upper and lower sties of levees in the middle reaches of the Paenae stream in different seasons.

Months		Biological indices*					
		Sp	H	E	TBI	BS	BMWP
Aug. 1989	Upper	23	3.68	0.81	10	98	10
	Lower	29	3.61	0.74	13	98	10
	Average**	39	2.78	0.53	13	99	10
Nov. 1989	Upper	47	3.91	0.70	14	99	10
	Lower	68	4.69	0.77	15	99	10
	Average	82	4.45	0.70	15	100	10
Jan. 1990	Upper	51	4.04	0.71	14	99	10
	Lower	47	4.12	0.74	15	99	10
	Average	69	4.13	0.68	15	100	10
May 1990	Upper	52	3.30	0.58	14	99	10
	Lower	60	3.55	0.60	15	99	10
	Average	79	3.64	0.58	15	100	10
	Overall***	126	4.49	0.64	15	100	10

*Sp: No. of species, H: Shannon's diversity index, E: Pielou's evenness index, TBI: Trent biotic index, BS: Biotic score, BMWP: Biological monitoring working party.

**The values for sp. are total number of species occurred at the upper and lower sites of levees.

가깝더라도 인위적인 환경변이에 의해 流速이 달라지면 군집이 적절히 적응할 수 있음을 알 수 있었다. Trent Biotic Index(TBI)도 인위적인 영향이 상대적으로 많았던 여름에는 流速이 느린 상부지역이 10으로, 13인 하부지역보다 약간 낮았고, 타 계절에는 두 지점에서 거의 최고점을 나타냈는데 하부에서 약간 높게 측정되었다. Biotic Score(BS)와 Biological Monitoring Working Party(BMWP)지표는 붓둑 상하부에서 차이가 없었으며 거의 최고점을 나타내었다. TBI, BS, BMWP가 거의 변이를 보이지 않은 반면에 多樣度, 均等度는 계절이나 장소에 따라 변이를 나타내었으며 적절하게 조사지의 생태상황을 반영하였다(Table 4).

붓둑 상하의 群集을 합해서 均等度와 多樣度를 조사했을 때 다른 계절에는 차이가 크게 없었으나, 여름에는 각각 2.78, 0.53으로 나타났는데(吳와 全, 1991), 이들은 붓둑 상하부 별도로 조사한 지표(Table 4)들보다 낮았다. 두 군집을 합해서 種豐富度는 늘었어도, 均等度가 낮게 나타난 것으로 보아 상하부 두 지점에서의 전체적인 密度 均衡을 이루지 못했기 때문으로 사료된다. 이는 여름에 가뭄으로 인해 유량이 감소하여 상하부에서 환경의 차이가 심했던 것과도 관계가 있으리라 여겨진다. 吳와 全(1991)에 생물지표로서 붓둑 상하 지점의 합해진 群集으로부터 多樣度를 나타냈으나, 이로 미루어 보아 붓둑 상하부를 구분하여 생물지표를 산출하여 수질상태를 고려하는 것이 필요하다고 사료된다.

生物群集에 대한 環境의 影響

가) 主要 種에 대한 影響

100개체 /m² 이상 채집되고 출현빈도가 높은 12種을 택하여 주요 환경요인들과의 상관관계를

Table 5. Pearson correlation coefficients between environmental factors and the major species of collected in the middle reaches of the Paenae stream.

Species #	Water Temp.	Current Velocity	Large Cobble	Small Cobble	Large Pebble	Small Pebble	Gravel & Sand
E 02	-0.474**	-0.349*	-0.049	-0.283	0.210	0.192	0.213
E 06	-0.336*	0.162	-0.306*	0.090	0.230	0.216	0.109
E 12	-0.518**	0.018	0.102	-0.139	0.232	0.006	-0.092
E 22	-0.603**	-0.148	-0.123	-0.363*	0.314*	0.174	0.180
E 32	-0.063	-0.573**	0.040	0.079	0.099	-0.024	-0.046
E 33	0.157	0.013	-0.482**	0.115	0.110	0.188	0.329*
P 36	-0.521**	-0.067	-0.273	-0.002	0.473**	0.121	0.187
P 35	-0.220	0.013	-0.241	-0.318**	-0.015	0.353*	0.338*
T 65	-0.217	0.167	-0.114	0.178	0.659**	-0.199	-0.045
D 97	-0.835**	0.048	-0.185	-0.197	0.219	0.349*	0.162
D 104	-0.694**	0.483*	-0.255	0.157	0.384*	0.242	0.156
D 108	-0.953**	0.255	-0.238	-0.074	0.400*	0.320*	0.120

*Significant level: 0.05, **Significant level: 0.01

#Species names represented by the symbols are listed in the text.

분석한 결과 Table 5와 같았다. 대부분의 종들이 수온으로 인한 계절적 요인과 높은 연관성을 나타냈는데, 이 점은 배내천에서 전체 底棲生物 群集構成이 계절적으로 변이가 심하게 나타난 결과와도 일치하였다(吳와 쏘, 1991). (Table 5)

수온 다음으로 流速 및 河床構成物과도 높은 상관관계를 나타냈는데, 그중 *Ecdyonurus kua* (E02), *Caenis kua*(E32) 등은 流速과 음의 상관관계를 나타냈고, *Orthocladius* sp.1(D104)는 流速과 양의 상관관계를 나타냈다. 河床構成物의 크기가 5 cm 이상인 큰 돌과 작은 돌에 대해서 *Ecdyonurus yoshidae*(E03)는 양의 상관관계를, *Heptagenia kihada*(E06), *Paraleptophlebia chocoata* (E22), *Neophemera kua*(E33), *Kiotina* sp.1(P35) 등은 음의 상관관계를 나타냈고, 3~5 cm 크기의 큰 자갈에 대해서는 *Paraleptophlebia chocoata*(E22), *Neoperla quadrata*(P36), *Lepidostoma* sp.1(T65), *Orthocladius* sp.1(D104), *Rheocricatopus* sp.1(D108) 등이 높은 양의 상관관계를 나타냈으며, 1~3 cm 크기의 중간 자갈과는 *Kiotina* sp.1(E35), *Diamesa* sp.1(D97), *Rheocricatopus* sp.1(D108) 등이 양의 상관관계를 나타냈다. 그리고 1 cm이하인 작은 자갈과는 *Neophemera kua*(E33), *Kiotina* sp.1(P35) 등이 양의 상관관계를 나타냈다. 이들 중 流速과 음의 상관관계를 나타낸 종들은 下部보다 上部地域에서 높은 密度를 나타내었으며, 입자 크기가 작은 것들과 양의 상관관계를 나타낸 종들은 작은 河床構成物에 적응된 掘潛型과 葡萄型 種들로 확인되었으나(Merritt and Cummins, 1986), 그외의 종들에 대해서는 자세한 생태가 밝혀지지 않아 生活史를 포함한 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

청청하천에서 상대적으로 변이가 작은 DO, BOD, pH, 탁도 등은 본 조사의 상기 主要 種들의 계절 및 장소별 棲息에 관련성이 작게 나타났다.

나) 群集 構造와의 關係

조사된 多樣度(H), 均等度(E), 優占度(DI) 등의 생물지표와 주요 환경요인과의 상관분석 결과 Table 6과 같았다. 이 경우 TBI, BS, BMWP(吳와 쏘, 1991) 등은 전 계절에 걸쳐 거의 만점

Table 6. Correlation coefficients between biological indices(BI) and environmental factors in the middle reaches of the Paenae stream. #

Months	BI	Current Velocity	Large Cobble	Small Cobble	Large Pebble	Small Pebble	Gravel & Sand
Aug. 1989	H	-0.496	0.258	-0.144	-0.715*	-0.159	0.227
	E	-0.539	0.244	0.134	-0.639*	0.110	-0.317
	DI	0.650*	-0.315	0.074	0.712*	0.012	0.008
Nov. 1989	H	0.212	-0.437	-0.515	-0.885**	0.471	0.731*
	E	-0.139	-0.269	0.009	-0.822*	0.190	0.524
	DI	-0.403	0.370	0.509	0.762*	-0.650*	-0.615
Jan. 1990	H	-0.372	0.078	-0.194	-0.615	0.141	0.091
	E	-0.223	0.008	-0.160	-0.653*	-0.064	0.277
	DI	0.443	0.316	-0.001	0.648*	-0.143	-0.437
May 1990	H	0.114	0.278	-0.133	0.807*	-0.504	-0.176
	E	-0.130	0.122	-0.227	0.765*	-0.445	-0.064
	DI	0.008	-0.267	0.139	-0.602	0.587	0.147

*Significant level: 0.05, **Significant level: 0.01

#H: Shannon's diversity index, E: Evenness index, DI: Dominant index.

에 가까워 변이가 없었으므로 제외하였다. 분석 결과 河床構成物 중 중간 크기인 직경 3~5 cm 의 큰 자갈(large pebble)이 전 계절에 걸쳐 多樣度 지표 등과 일률적으로 높은 상관을 나타냈다. Rebeni와 Minshall(1977)는 1~5 cm 크기의 자갈이 그 이상의 작은 돌이나 큰 돌보다는 더 많은 은신처를 제공해 주고, 유기물 등의 영양원의 축적에도 효과적이며, 1 cm 이하의 작은 河床構成物보다 더 안정된 棲息處가 되기 때문에 底棲生物 群集의 분포를 결정하는 중요한 요인이라고 했다. 또 Hart(1978) 및 Trush(1979)도 하천의 수서곤충 서식상태 조사에서 중간 크기의 河床構成物에서 種數 및 個體數의 증가가 있었다고 했다. 尹等(1989b)도 보성강에서의 미소 棲息地에 따른 수서곤충의 群集構造 연구 결과 중간 크기의 河床構成物에서 가장 많은 個體數가 채집되었음을 보고하였다.

본 조사 결과에서도 생물지표가 중간 group인 큰 자갈(large pebble)의 구성율과 매우 높은 상관관계를 나타내어 底棲性 大型無脊椎動物群集의 棲息에 있어서 중간 크기의 자갈의 중요성을 확인할 수 있었다(Table 6).

摘 要

1989년 8월부터 1990년 5월까지 4계절에 걸쳐 慶南 梁山郡 院洞面에 所在한 배내천 中流의 長善里 野營場 주변의 붓둑(levee) 上下를 대상으로 하여 底棲性 大型無脊椎動物의 群集構造와 環境要因을 조사하였다.

붓둑 上部地域과 下部地域에서 가장 큰 차이가 난 環境要因은 流速이었으며, 그 다음은 河床構成物이었다. 상부지역에서는 86種이 비교적 낮은 密度로 나타났으나, 하부에서는 보다 많은 106種이 높은 密度로 출현하여 전체적으로 두 지점의 流速과 河床構成物에 따른 차이를 반영하

였다. 조사기간 채집된 種들 중 16種은 上部地域에서만, 다른 20種은 下部地域에서만 출현하였다. 대체로 流速이 빠른 하부지역에서 多樣度, 均等度, TBI, BS 등이 높았다. 4계절에 걸쳐 청정하천인 배내천 中流의 주요 底棲生物의 種構成에 가장 큰 영향을 미치는 것은 수온으로 인한 계절적 요인이었으며, 다음으로 流速 및 河床構成物이었다. 생물 지표들은 직경이 3~5 cm인 중간 크기의 큰 자갈(large pebble)의 용적과 높은 상관관계를 나타내었다.

引用文獻

- Chandler, J.R. 1970. A biological approach to water quality management. *Wat. Pollut. Control Lond.* 4: 415-422.
- 津田松苗. 1966. 水生昆蟲學, 北隆館. 東京. 270 pp.
- Hart, D. D. 1978. Diversity in stream insects: regulation by rock size and microspatial complexity. *Angewandite Limnol.* 20: 1376-1381.
- Hellawell, J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental magement. Elsevier, London, 451 pp.
- Hunt, J. S. 1930. Bottom as a factor in animal distribution in small stream. *J. Tenn. Acad. Sci.* 5: 11-18.
- Hynes, H. B. N. 1960. The biology of polluted waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, England. 202 pp.
- 權太晟. 1991. 수영강의 저서성 대형무척추동물 군집의 분포와 풍부도 및 환경요인과 유기물 오염과의 관련성에 대한 연구. 부산대학교 박사학위논문. 150 pp.
- 李成植. 1986. 澄心溪流 수계의 생물상 조사. 조선대학교 석사학위논문. 21 pp.
- Lyman, F.E. 1959. Environmental factors affecting distribution of mayfly nymphs in Douglas Lake, Michigan. *Ecology.* 37: 568-576.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. *Nature.* 216: 168-169.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. Introduction to the aquatic invertebrate of North America. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa. 729 pp.
- Moon, H. P. 1939. Aspects of the ecology of aquatic insects. *Trans. Brit. Entomol. Soc.* 6: 39-49.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of ecology. Saunders coll. Philadelphia. 574 pp.
- 吳龍南·全胎秀. 1991. 배내천 중류의 저서상 대형무척추동물에 대한 연구.
I. 군집분석 및 생물학적 수질판정. *한국생태학회지.* 14(3):345-360.
- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity. *Amer. Nature.* 100: 463-465.
- Rabeni, C.F. and G.W. Minshall. 1977. Factors affecting microdistribution of stream benthic insects. *Oikos.* 29: 33-43.
- 羅鐵吳·崔忠吉·白筍基. 1986. 한국산 수서곤충의 환경오염 물질에 대한 내성 및 감수성 연구. *한국육수학회지.* 19: 109-125.

- 羅鐵昊 · 白筍基 · 曹英官 · 黃修玉. 1989. 보성강 및 이사천 수계의 수서곤충 군집에 대한 연구. 한국육수학회지. 22: 95-110.
- 徐英姬 · 朴商玉. 1982. 경산 남천 수계의 생물학적 수질판정. 한국생태학회지. 5: 46-53.
- Trush, W.J. 1979. The effects of area and surface complexity on the structure and formation of stream benthic communities. Unpublished M.S. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State Univ. Blacksburg, VA. 149 pp.
- 魏仁善 · 羅鐵昊 · 崔忠吉. 1974. 영산강의 수서곤충 현존량. 한국육수학회지. 7: 37-44.
- 魏仁善 · 羅鐵昊 · 崔忠吉 · 白筍基. 1983. 섬진강 수계의 수서곤충 군집에 관한 조사 연구. 한국육수학회지. 16: 3-52.
- Wilhm, J.L. 1972. Graphic and mathematical analysis of biotic communities in polluted stream. Ann. Rev. Entomol. 17: 233-252.
- Woodiwiss, F.S. 1978. The trent biotic index—macroinvertebrates in biological surveillance. Elaboration of the scientific bases for monitoring of surface water by hydrobiological indicators. Report of the First U.K /U.S.S.R. Seminar Held in Validai, U.S.S. . 12-24 July 1976. 58-81pp.
- 尹一炳 · 裴京錫 · 魚成準 · 金起弘. 1986. 영산강 하구의 저서성 대형무척추동물 군집에 관한 연구. 자연보존 연구보고서. 제8집. pp.43-51.
- 尹一炳 · 裴淵宰 · 梁愛淑. 1989a. 북제주내 하천의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국육수학회지. 17: 63-72.
- 尹一炳 · 裴京錫 · 崔榮福. 1989b. 보성강 분류에서 미소 서식지에 따른 수서곤충 군집구조 및 생태학적 동태. 한국육수학회지. 22: 321-335.
- 尹一炳 · 盧台鎬 · 李善熙. 1990a. 가평천 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국곤충학회지. 20: 41-51.
- 尹一炳 · 孔東壽 · 柳在根 · 李相郁. 1990b. 팔당호 저서성 대형무척추동물의 군집분석과 현존량의 계절적 동태. 한국육수학회지. 23: 43-68.

(1991年 8月 21日 接受)