

# 배내천 中流의 底棲性 大型無脊椎動物에 대한 研究

## I. 群集分析 및 生物學的 水質 判定

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 the Paenae Stream, a Tributary of the Nakdong River, Korea

## I. Community Analysis and Biological Assessment of Water Quality

Oh, Yong-Nam and Tae-Soo Chon

Dept. of Biology, Pusan National University

### ABSTRACT

Benthic macroinvertebrates were collected in the middle reaches of the Paenae stream, a tributary of the Nakdong River in Korea, in four seasons from August 1989. to May 1990. During the study period, 125 species, 81 genera and 41 families were collected. Overall, the most dominant species was *Lepidostoma* sp.1 followed by *Heptagenia kihada*, *Neoperla quadrata*, *Diamesa* sp.1, etc..

The community was most diverse in autumn, however the number of collected individuals was highest in winter. Species of chironomids including *Diamesa* sp.1 and mayflies including *Paraleptophlebia chocoata* were collected exceptionally in a large number in winter.

Seasonal occurrence of functional groups such as collectors, shredders and scrapers was related with the availability of food sources in the stream. The abundance of predators was relatively stable in four seasons with 17% on average.

Diversity, TBI and Chandler's Biotic Score(BS) in the Paenae stream were 3.75, 14.5, and 100 on average, respectively. Based on biological and chemical indices the Paenae stream was clean in the range of xeno- and oligo-saprobity.

### 緒 論

慶南 梁山郡 院洞面에 所在하고 있는 배내천은 洛東江의 支流로서(Fig. 1), 加智山과 天皇山에서 發源하여 배내골 農耕地를 거쳐 남천 및 密陽江과 合流되어 洛東江에 이른다. 이 지역의 生活 및 農業用水源인 배내천의 地域面積은 약 56km<sup>2</sup>, 길이는 약 15km이다(국립지리원, 1

: 50,000, 도엽번호; NI 52-2-19). 이 지역은 1980년대 후반까지는 자연적인 상태를 유지하고 있었으나, 常住 및 流動人口의 증가와 下流쪽 댐의 건설공사 등으로 인해 앞으로 河川生態系에 커다란 變異가 예상된다. 따라서 사건의 水棲生物 群集調査는 앞으로의 生態系 變異를 감지하는 자료로서 매우 필요하다고 사료된다.

底棲性 大型無脊椎動物은 種數가 많고 攝食行動 등이 다양하며 이동성이 낮고, 水中生態系로 流入되는 물질의 영향에 민감하기 때문에, 指標種의 有無, 豐富度 및 群集構造 등을 통

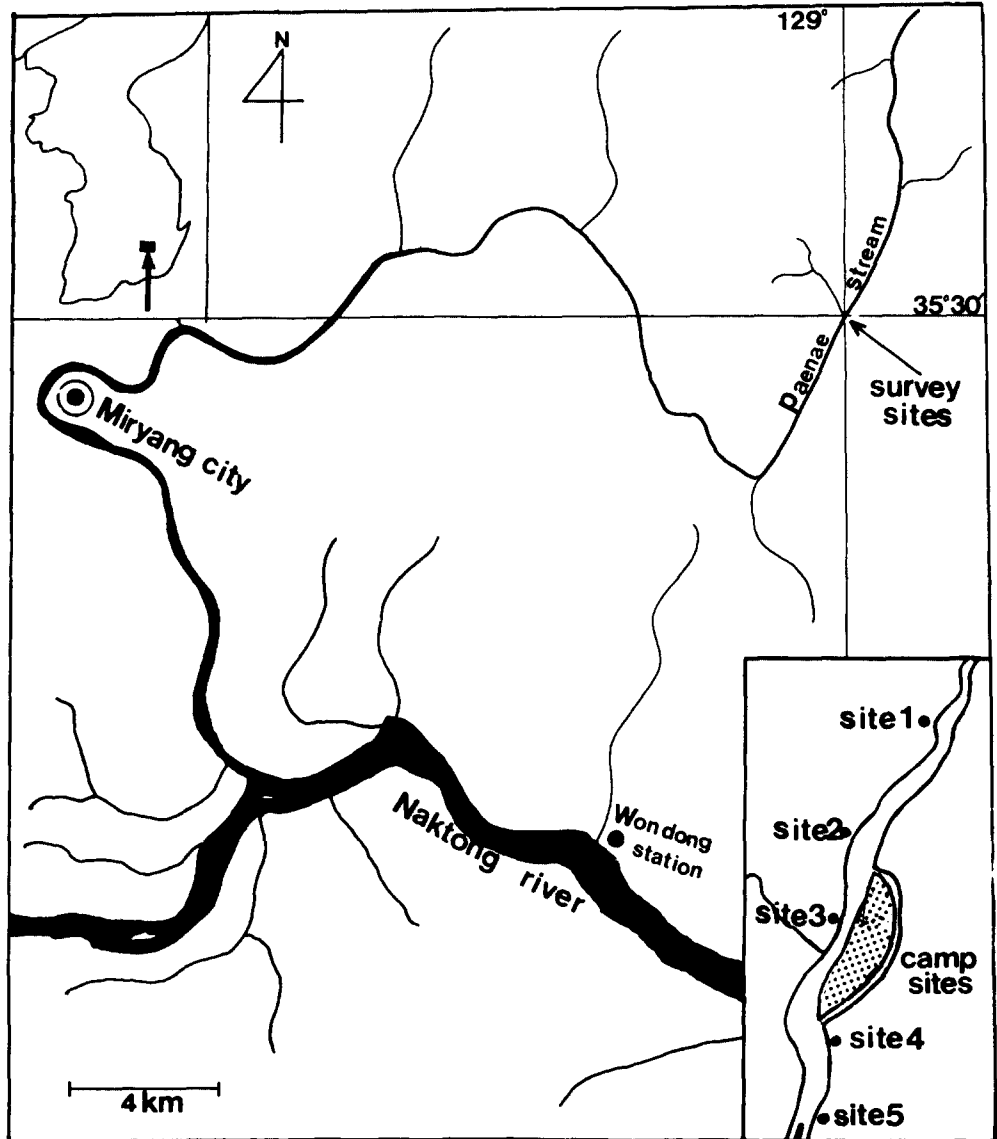


Fig. 1. Map of the survey area

해서 生物學의 水質을 평가할 수 있는 중요 대상이 된다(Hynes, 1960; 津田, 1966; Wilhm, 1972; Hellawell, 1986). 국내에서도 1970년대 부터 榮山江, 漢江, 蟾津江, 寶城江 및 洛東江을 포함한 중요 河川에서 水棲昆蟲의 群集分析, 現存量 調査 및 生物學의 水質判定 等에 대한 다수의 연구가 있다(魏 等, 1974, 1983; 尹, 1979; 尹과 裴, 1989; 尹 等, 1986, 1989; 羅 等, 1986, 1989). 그러나 山間 溪流性 淸淨河川에서의 底棲性 大型無脊椎動物에 대한 연구는 尹 等(1984, 1990)과 羅 等(1991)의 연구가 소수 있는데, 특히 群集의 4季節 變異에 대한 연구는 희소하다.

본 調査는 淸淨河川인 배내천 中流에서의 底棲性 大型無脊椎動物 群集相과 季節別 變異를 파악하고, 群集分析 및 生物學의 水質判定을 통하여, 배내천의 河川生態系에 대한 기초 정보를 얻고자 하였다.

### 調査場所 및 方法

배내천 中流의 長善里 野營場을 중심으로 하여 河川 生態狀況-流速, 河床構成, 인간의 영향 等-을 종합적으로 반영할 수 있는 5개 지점을 조사장소로 택하였다(Fig. 1). 본 調査에서 가장 上流쪽에 위치하는 제 1 지점은 인위적인 영향을 제일 적게 받는 곳으로 河床構成物은 큰 돌과 자갈 및 모래로 되어 있다. 제 2 지점은 야영장에서 200m 정도 上流 지점으로 주변에 농가가 있고 河床構成物은 제 1 지점과 유사하다. 제 3 지점은 야영장이 있는 곳으로 피서철에는 行樂人波가 급증하여 일시적으로 오염될 수 있는 곳이며, 바위가 많고 다른 지점에 비해 수심이 얇고 하폭이 좁은 곳이다. 야영장 下流쪽 50m에 있는 제 4 지점은 流速이 느리고 하폭이 넓어서 다른 지점에 비해 有機物 축적이 상대적으로 심한 곳이다. 河床構成物은 바위, 자갈 및 모래로 되어 있다. 最下流에 있는 제 5 지점의 좌, 우측은 流速이 빠르고 河床構成物은 큰 돌과 자갈로 되어 있으나, 중앙부는 커다란 암석층에 의해서 沼가 형성되었기 때문에 流速이 완만하고 河床은 자갈과 모래로 되어 있다. 상기 조사지점에 대하여 1989년 8월부터 季節別로 (89년 8월, 89년 11월, 90년 1월, 90년 5월) 群集調査를 하였으며, 이와 병행하여 월별 기초 환경을 측정하였다(Fig. 1).

底棲性 大型無脊椎動物의 채집은 20cm×30cm 크기의 Surber식 溪流用 定量 採集網을 사용하였다. 각 조사장소에서 하천을 횡단하여 3~5m 간격으로 3~5개의 지점에 대해 河床 堆積物(sediments)을 약 10cm 깊이로 採取하였다. 底棲生物의 분리는 浮遊法(floatation method)을 응용하였다. 즉 퇴적물을 15l 용량인 플라스틱 양동이에 넣고, 용기의 3/4정도로 물은 채운 후 數秒間 손으로 저으면 무거운 河床構成物은 가라앉고 가벼운 底棲生物과 有機物 等은 부유하는데, 綱目이 0.5mm인 체(sieve, U. S. Standard No. 35)로 걸러내었다. 예비실험 결과 통상 사용되는 wet sieving method(Merritt and Cummins, 1984)보다 분리효율이나 표본의 훼손방지 및 소요시간 등에서 유리하였다.

채집된 底棲生物은 5% formalin 또는 75% alcohol로 고정시킨 다음 실험실에서 同定, 分類하였다. 底棲生物의 分類는 尹(1988) 및 Pennak(1978), Brigham *et al.* (1982), Merritt and Cummins(1984), Quigley(1977) 等を 참조하였는데, 깔다구류(chironomids)는 Merritt and Cummins(1984)와 Wiederholm(1983)의 검색표에, 貧毛類(oligochaetes)는 Brigham *et al.* (1982)과 Brinkhurst(1986)의 기준에 의거하였다.

생물조사와 병행하여 月別로 氣溫, 水溫, 水深, pH, DO, BOD, 濁度, 流速, 河床構成物

크기 등을 조사하였다. pH는 전기적 측정법(HI 8314 membrane pH meter)으로, DO는 막전극 측정법(HI 8043 dissolved oxygen meter)으로 현장에서 調査하였다. BOD는 採水 후 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 調査하였다. 流速은 개조된 Gessner 流速計를 사용하였고, 각 지점에서 採取된 河床 構成物의 크기는 5종류로 구분하였다.

각 지점별로 채집된 底棲性 大型無脊椎動物 群集의 優占種 및 優占度(McNaughton, 1967), 種多樣度(Pielou, 1966; Wilhm, 1972), 均等度(Pielou, 1966), Trent Biotic Index(Woodiwiss, 1978), Biotic Score(Chandler, 1970), Biological Monitoring Working Paty(Hellawell, 1986) 및 腐水性(Sládeček, 1979), 등을 調査하였다.

## 結果 및 考察

### 環境調査

조사기간 동안의 氣溫 및 水溫의 변이폭은 각각 1~30℃와 2.2~25.6℃였으며, 겨울에는 水溫이 氣溫보다 약간 높고 더 안정되게 나타났다. 季節別 평균 온도와 지역에 따른 차이는 Table 1과 같다.

DO의 季節別 평균치는 모두 포화점보다 높았고, 연 평균치는 11.4ppm이었다. BOD는 조사기간 동안 평균 0.9ppm으로 낮았는데, 여름에 1.4ppm으로 상대적으로 높게 측정되었다. pH는 평균 6.4이었으나, 여름에 6.9로 높았다. 여름에 BOD와 pH가 높게 측정된 이유는 이 지역의 일시적인 환경오염과 연관이 있는 것으로 사료되는데, 이 시기에 야영장 피서객들에 의한 有機物 流入이 많았고, 流量 및 流速이 감소하였으며, 河床構成物에 附着性 藻類(periphyta)가 증가함을 관찰할 수 있었다. pH가 높게 측정된 것은 附着性 藻類의 증가로 인한 수중 탄산가스의 감소와도 관련이 있는 것으로 생각된다. 그러나 가을 조사에서는 다시

**Table 1.** Environmental measurements in the middle reaches of the Paenae stream, a tributary of the Naktong River, in four seasons from August 1989 to August 1990. \* Data are mean±SD.

Season	Environments	Spring	Summer	Autumn	Winter	Average
	Ambient temp. (°C)	14.3±6.4	26.9±3.4	18.0±1.7	2.4±1.1	15.4±0.2
	Water temp. (°C)	10.9±3.8	22.7±4.1	15.3±2.1	3.1±0.2	13.0±8.2
	DO(ppm)	11.7±1.6	9.9±1.8	10.5±0.3	13.4±0.4	11.4±1.5
	pH	6.6±0.4	6.9±0.8	6.1±0.1	5.9±0.1	6.4±0.5
	Turbidity(NTU**)	0.9±0.3	1.0±0.1	9.4±0.5	1.9±0.3	1.2±0.6
	Discharge(m <sup>3</sup> /sec)	3.2±0.4	2.5±1.9	0.9±1.0	2.1±1.7	2.2±1.0
	BOD(ppm)	0.8±0.6	1.4±0.5	0.4±0.2	1.2±0.7	0.9±0.5

\*Measurement dates : Spring ; March 26, '90, April 18, '90, May 26, '90, Summer : August 9, '89, June 24, '90, July 20, '90, August 12 '90, Autumn : November 6, '89, Winter : January 20, '90. The number of measurements for each season was the number of measurement dates multiplied by the number of sampling sites(5).

\*\*Nephelometric Turbidity Units.

Table 2. The taxonomic list with seasonal abundances of benthic macroinvertebrates collected in the middle reaches of the Paenae stream from August 1989 to May 1990. (No. of individuals per 25m<sup>2</sup>)

Genus and species	'89, Aug.	'89, Nov.	'90, Jan.	'90, May
Phylum Arthropoda				
Class Insecta				
Order Ephemeroptera				
Family Ephemeridae				
01. <i>Ephemer</i> <i>strigata</i> Eaton	5	36	27	0
Family Heptageniidae				
02. <i>Ecdyonurus</i> <i>kua</i>	21	112	374	15
03. <i>Ecdyonurus</i> <i>yoshidae</i> Takahashi	59	31	0	7
04. <i>Ecdyonurus</i> <i>kibuensis</i> Imanishi	45	59	231	61
05. <i>Ecdyonurus</i> sp.1	0	0	0	19
06. <i>Heptagenia</i> <i>kihada</i> Matsumura	138	569	578	526
07. <i>Heptagenia</i> <i>kyotoensis</i> Gose	3	33	0	0
08. <i>Cinygmula</i> <i>kua</i>	8	58	8	0
09. <i>Epeorus</i> <i>curvatulus</i> Maysumura	5	0	0	11
10. <i>Epeorus</i> sp.1	0	0	0	15
11. <i>Epeorus</i> <i>latifolium</i> Ueno	0	30	0	2
12. <i>Epeorus</i> sp.2	5	336	296	21
13. <i>Epeorus</i> sp.3	0	78	175	51
14. <i>Ritherogena</i> na (Imanishi)	0	7	0	0
Family Baetidae				
15. <i>Baetis</i> <i>nla</i> (Imanishi)	10	50	0	7
16. <i>Baetis</i> <i>thermicus</i> Imanishi	5	19	5	118
17. <i>Baetis</i> <i>kua</i>	0	7	0	0
18. <i>Pseudocloeon</i> sp.1	2	59	0	0
19. <i>Pseudocloeon</i> <i>japonica</i> (Imanishi)	0	2	4	21
20. <i>Pseudocloeon</i> sp.2	0	3	0	33
21. <i>Pseudocloeon</i> sp.3	0	0	0	6
Family Leptophlebiidae				
22. <i>Paraleptophlebia</i> <i>chocorata</i> Imanish	40	239	911	4
Family Ephemerellidae				
23. <i>Serrtella</i> <i>rufa</i> Imanishi	5	2	0	0
24. <i>Serrtella</i> sp.1	0	39	5	0
25. <i>Drunella</i> <i>cryptomeria</i> Imanishi	6	2	0	90
26. <i>Drunella</i> <i>aculea</i> Allen	0	2	3	1
27. <i>Cincticostella</i> <i>castanea</i> Allen	0	90	17	0
Family Siphonuridae				
28. <i>Amelletus</i> sp.1	0	7	485	5
29. <i>Amelletus</i> sp.2	0	7	0	3
30. <i>Siphonurus</i> sp.1	2	11	0	0
Family Oligonuridae				
31. <i>Isonychia</i> <i>japonica</i> Ulmer	0	12	5	0
Family Caenidae				
32. <i>Caenis</i> <i>kua</i>	0	94	14	7
Family Neoephemeridae				
33. <i>Neoephemera</i> <i>kua</i>	0	0	0	100

Genus and species	'89, Aug.	'89, Nov.	'90, Jan.	'90, May
<b>Order Plecoptera</b>				
<b>Family Perlidae</b>				
34. <i>Kiotina decorata</i> (Zwick)	42	37	38	36
35. <i>Kiotina</i> sp.1	66	223	162	22
36. <i>Neoperla quadrata</i> Wu et Classen	5	271	233	214
37. <i>Oyamia coreana</i> Okamoto	10	121	66	143
38. <i>Oyamia</i> sp.1	33	81	41	22
39. <i>Kamimuria</i> kua	2	108	29	7
40. <i>Paragnetina flavotincta</i> (Mclachlan)	0	85	29	95
<b>Family Chloroperlidae</b>				
41. <i>Sveltsa nikkoensis</i> Okamoto	7	82	128	8
<b>Family Nemouridae</b>				
42. <i>Amphinemoura</i> kub	0	0	3	0
43. <i>Nemoura</i> kua	10	0	64	1
<b>Family Capniidae</b>				
44. <i>Capnia</i> kua	0	193	370	0
<b>Family Perlodidae</b>				
45. <i>Archynopterix</i> kua	0	0	19	0
<b>Family Taeniopterygidae</b>				
46. <i>Taenionema</i> kua	0	5	0	0
<b>Family Leuctridae</b>				
47. <i>Rhopalopsde</i> sp.1	3	0	17	0
<b>Order Trichoptera</b>				
<b>Family Psychomyiidae</b>				
48. <i>Psychomyia</i> sp.1	2	0	0	1
<b>Family Polycentropodidae</b>				
49. <i>Plectrocnemia</i> sp.1	0	2	2	5
50. <i>Plectrocnemia</i> sp.2	0	0	0	10
<b>Family Rhyacophilidae</b>				
51. <i>Rhyacophila karamana</i> Tsuda	0	38	69	2
52. <i>Rhyacophila nigrocephala</i> Iwata	3	28	23	21
53. <i>Apsilochorema</i> kua	0	3	0	1
<b>Family Ecnomidae</b>				
54. <i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	0	2	0	0
<b>Family Hydroptilidae</b>				
55. <i>Hydroptila</i> sp.1	0	0	0	2
<b>Family Limnephilidae</b>				
56. <i>Asynarchus</i> kua	0	0	9	0
57. <i>Neophylax ussuriensis</i> Martynov	0	0	12	0
<b>Family Hydropsychidae</b>				
58. <i>Cheumatopsyche brevilineata</i> (Iwata)	0	12	0	0
59. <i>Cheumatopsyche</i> sp.1	0	15	0	3
60. <i>Hydropsyche</i> kuc	0	5	0	2
61. <i>Macronema</i> sp.1	0	2	2	0
62. <i>Macronema</i> sp.2	0	0	2	0
63. <i>Macronema</i> sp.3	0	0	0	1
<b>Family Lepidostomatidae</b>				
64. <i>Goerodes</i> sp.1	0	7	3	0

Genus and species	'89, Aug.	'89, Nov.	'90, Jan.	'90, May
65. <i>Lepidostoma</i> sp.1	864	1,828	1,211	1,273
Family Stenopsychidae				
66. <i>Stenopsyche griseipennis</i> Mclachlan	0	3	0	0
Order Coleoptera				
Family Helodidae				
67. <i>Helodes</i> kua	0	3	9	1
68. <i>Helodes</i> sp.1	0	104	29	0
Family Dytiscidae				
69. <i>Hyphydrus</i> sp.1	0	0	0	3
70. <i>Guignotus</i> sp.1	0	0	0	2
Family Elmidae				
71. <i>Optioservus</i> sp.1	0	7	0	1
72. <i>Optioservus</i> sp.2	0	0	0	1
73. <i>Optioservus</i> sp.3	0	0	0	3
Family Hydrophilidae				
74. <i>Berosus</i> sp.1	0	0	0	3
Family Psephenidae				
75. <i>Eubrianax</i> kua	0	2	2	0
76. <i>Mataeopsephus</i> kua	0	0	2	0
Order Diptera				
Family Athericidae				
77. <i>Suragina</i> kua	4	58	5	59
78. <i>Suragina</i> kub	0	29	2	107
79. <i>Athuix</i> kua	0	0	0	2
Family Simuliidae				
80. <i>Simulium</i> sp.1	3	2	2	0
Family Tipulidae				
81. <i>Antocha</i> sp.1	0	0	10	5
82. <i>Antocha</i> kua	0	34	2	7
83. <i>Pedicia</i> sp.1	0	14	6	1
84. <i>Eriocera</i> kub	0	2	5	3
85. <i>Tipula</i> kub	0	3	0	0
86. <i>Tipula</i> kua	0	5	0	0
Family Ceratopogonidae				
87. <i>Bezzia</i> sp.1	0	2	21	10
Family Chironomidae				
Subfamily Chironominae				
88. <i>Microtendipes</i> sp.1	3	61	34	4
89. <i>Polypedilum</i> sp.1	0	7	0	61
90. <i>Polypedilum</i> sp.2	0	0	32	0
91. <i>Endochironomus</i> sp.1	2	0	0	0
92. <i>Glyptotendipes</i> sp.1	0	0	0	2
93. <i>Glyptotendipes</i> sp.2	2	0	0	0
94. <i>Parachironomus</i> sp.1	5	0	0	0
95. Chironominae sp.1	0	0	0	5
96. Chironominae sp.2	0	0	3	0
Subfamily Diasminae				
97. <i>Diamesa</i> sp.1	0	15	2,107	1

Genus and species	'89, Aug.	'89, Nov.	'90, Jan.	'90, May
98. <i>Diamesa</i> sp.2	0	0	3	0
Subfamily Orthoclaadiinae				
99. <i>Brillia</i> sp.1	0	7	0	5
100. <i>Cricotopus</i> sp.1	0	3	189	4
101. <i>Cricotopus</i> sp.2	0	47	7	2
102. <i>Diplocladius</i> sp.1	0	7	0	0
103. <i>Eukiefferiella</i> sp.1	0	3	0	0
104. <i>Orthocladus</i> sp.1	0	0	170	80
105. <i>Orthocladus</i> sp.2	0	0	3	0
106. <i>Orthocladus</i> sp.3	0	0	3	2
107. <i>Orthocladus</i> sp.4	0	0	0	6
108. <i>Rheocricatopus</i> sp.1	0	3	945	0
109. <i>Synorthocladus</i> sp.1	0	0	24	0
110. Orthoclaadiinae sp.1	0	3	15	0
111. Orthoclaadiinae sp.2	0	2	0	0
112. Orthoclaadiinae sp.3	0	3	0	4
Subfamily Tanipodinae				
113. <i>Lasia</i> sp.1	23	31	74	21
114. <i>Natarisia</i> sp.1	0	2	11	0
115. Chironomidae sp.	6	8	2	1
Order Megaloptera				
Family Corydalidae				
116. <i>Parachauliodes</i> sp.1	2	0	0	3
Order Odonata				
Family Gomphidae				
117. <i>Onychogomphus ringens</i> Needham	2	0	0	0
118. <i>Davidius lunatus</i> Bartenef	0	0	5	0
Class Arachnida				
Order Hydracarina				
Family Mideopsidae				
119. <i>Mideopsis</i> sp.1	0	8	0	4
Phylum Platyhelminthes				
Class Turbellaria				
Order Tricladida				
Family Planariidae				
120. <i>Phagocata</i> sp.1	0	9	0	0
Phylum Annelida				
Class Oligochaeta				
Order Lumbriculida				
Family Lumbriculidae				
121. <i>Trichodrilus</i> sp.1	0	18	9	0
122. <i>Trichodrilus</i> sp.2	0	0	12	1
123. <i>Trichodrilus</i> sp.3	0	0	0	7
Order Haplotaxida				
Family Tubificidae				
124. <i>Limnodrilus</i> sp.1	0	0	0	1
125. <i>Limnodrilus</i> sp.2	5	0	0	0
Total	1,465	5,647	9,485	3,489



BOD와 pH가 낮아졌다. 겨울에도 BOD가 상대적으로 높았는데 이 경우 溪谷의 落葉 等の 流入으로 인한 自然的인 원인 때문인 것으로 사료된다.

濁度の 경우 가을을 제외하고는 2NTU 이하로서 매우 낮았다. 가을에 濁度가 높게 나타난 것은 측정 당시 폭우로 인해 주위로부터의 土砂 및 有機物 流入이 증가했기 때문으로 생각된다. 겨울에도 약간 높게 나타났는데, 이것은 당시 제 2 지점에서 주변의 農水路 공사로 인한 가는 모래의 流入 때문으로 사료된다. 流量은 水深, 河幅, 流速의 積을 이용하여 계산하였는데, 강우시기의 차이로 인해 비교적 季節別 변이가 심하였다.

조사기간 동안 배내천 中流의 水質은 여름에 야영지에서의 각종 有機物의 流入과 가뭄에 의한 流量 및 流速의 감소 등으로 인해 미세하게 나빠졌으나, 전반적으로 pH는 5.8~8.5, DO는 7~14ppm, 濁度는 2NTU이하, BOD는 2ppm이하의 범위에 들어 上水源水 1級(環境保存法, 1989년 1월 5일, 保健社會部令 제 825 호)에 해당하는 매우 淸淨한 상태였으며, BOD에 의한 腐水性 관정으로는 xeno-와 oligo-saprobity내에 속하였다(Sládeček, 1979).

## 群集調査

### 1. 季節別 群集構造

조사기간중 총 3門 4綱 11目 41科 81屬 125種이 출현하였다(Table 2). 전반적으로 하루살이목이 9科 17屬 33種으로 가장 다양했고 개체수도 많았다. 그러나 겨울에는 갈다구목의 4亞科 28種들이 출현한 파리목이 5科 23屬 39種으로 가장 많이 채집되었다. 기타 날도래목이 9科 14屬 19種, 강도래목이 7科 12屬 14種, 딱정벌레목이 5科 7屬 10種, 잠자리목이 1科 2屬 2種, 뱀잠자리목이 1科 1屬 1種 순으로 채집되었다. 이외에 貧毛類, 플라나리아類, 물진드기類 등이 소수 출현하였다.

가장 다양한 種이 출현한 季節은 가을(89년 11월)로서 81種 5,647/25 m<sup>2</sup>이었고, 채집 밀도는 겨울(90년 1월)이 69種 9,485개체/25m<sup>2</sup>로 가장 높았다. 대부분의 種들은 季節에 따라 심한 變異를 나타내었는데, 전체적으로 수온이 낮은 가을과 겨울에 높은 密度를 보였다. 種에 따라서는 한 계절에만 집중되어 출현된 것이 있었는데(Table 3), 특히 봄에만 채집된 *Ecdyonurus* sp.1, *Epeorus* sp.1, *Plectrocnemia* sp.1과 겨울에만 채집된 *Archynopterix* kua, *Neophylax ussuriensis*, *Synorthocladius* sp.1 등은 평균적으로 10개체/m<sup>2</sup> 이상 출현하였다.

이들과 같은 屬에 속하는 다른 種들은 다른 계절에도 채집되었지만, 이러한 種들과는 다른

Table 3. Species exclusively collected in different seasons\*\*

Seasons	Species	No. of sp.
Spring	E05*, E10*, E21, T50*, T55, T63, D79, D95, D107, C69, C72, C73, C74, C76	15
Summer	D91, D92, D93, O117	4
Autumn	E14, E17, P46, T54, T58, T66, D84, D85, D86, D102, D103, D111	12
Winter	P42, P45*, T56, T57*, T62, D96, D105, D98, D109*, O118	10

\*Species collected more than 10 individuals per m<sup>2</sup>.

\*\*E: Ephemeroptera, P: Plecoptera, T: Trichoptera, D: Diptera, C: Coleoptera, O: Odonata. Numbers following the symbol indicates the sequence number of species in the Table 2.

형태적 차이를 보여 종의 구별이 뚜렷하였는데, 이들은 특정 계절에만 출현하는 fast seasonal type(Merrit and Cummins, 1984)일 가능성이 있는 것으로 사료된다. 그러나 이 종들은 생활사의 대한 연구가 없으며, 다만 *Archynopteryx kua*의 경우 우리나라에서 未確認種으로 기재되어 있을 뿐이다(尹, 1988). 앞으로 이 종들에 관하여 분류 및 생태학적 연구가 진행되어야 할 것으로 사료 된다. 기타 종들은 대개 10개체 이하의 낮은 密度로 채집되었다.

주요 분류군들의 季節別 變異는 Fig. 2와 같다. 하루살이목과 파리목은 겨울(90년 1월)에 매우 높은 密度로 출현한 반면에, 강도래목과 날도래목 등은 가을(89년 11월)에 더 높은 密度로 나타났고 겨울에는 감소하였다. 기타 분류군(잠자리목, 딱정벌레목, 뱀잠자리목, 貧毛類,

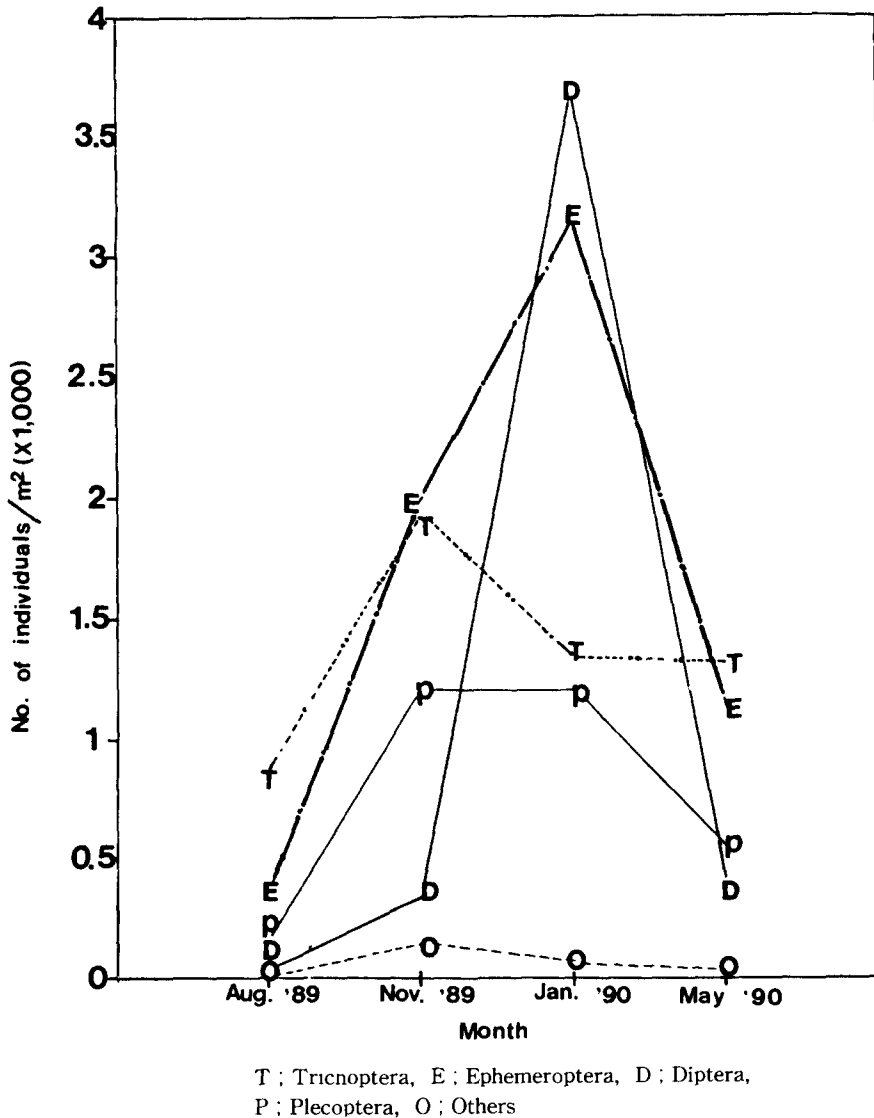


Fig. 2. Seasonal variations in densities of major groups.

**Table 4.** Seasonal variations in major species of Ephemeroptera and Diptera

Ephemeroptera					
Species	Months	Aug. '89	Nov. '89	Jan. '90	May'90
No. of species		12	28	16	22
No. of individuals/25m <sup>2</sup>					
<i>Ecdyonurus kua</i> (Collector)		21	112	374	22
<i>Ecd. kibuensis</i> (Collector)		45	59	231	61
<i>Paraleptophlebia</i> (Shredder)		40	239	911	4
<i>Amelletus</i> sp.1 (Collector)		0	7	485	5
Diptera					
No. of species		8	25	25	22
No. of individuals/25m <sup>2</sup>					
<i>Diamesa</i> sp.1 (Collector)		0	15	2,107	1
<i>Cricotopus</i> (Collector)		0	3	189	4
<i>Orthocladius</i> (Collector)		0	0	170	80
<i>Rheocricatopus</i> (Collector)		0	3	745	0

플라나리아類, 물진드기類)은 매우 낮은 密度로 나타났다.

겨울에 하루살이목과 파리목이 높은 密度를 나타낸 것은 특정 種들(*Ecdyonurus kua*, *Ecdyonurus kibuensis*, *Paraleptophlebia chocorata*, *Amelletus* sp.1, *Diamesa* sp.1, *Cricotopus* sp.1, *Orthocladius* sp.1, *Rheocricatopus* sp.1)의 개체수가 급증한 까닭이며 (Table 4), 이들은 주로 10<sup>3</sup> μ 이하의 미세한 有機物 입자를 주워먹는 collectors와 살아있는 식물 조직이나 殘死體를 씹어 먹는 shredders에 속하는 種들이었다 (Merritt and Cummins, 1984).

攝食機作에 의해 구분되는 전체적인 機能群(functional groups)의 季節別 變異는 Table 5와 같다. Collectors와 shredders가 겨울에 급증한 것은 가을에 낙엽 및 잔가지 등의 流入에 의해 영양원이 풍부해지고 predators가 적었기 때문으로 사료된다. 附着性 藻類를 갉아 먹는 scrap-

**Table 5.** Seasonal variations in densities(individuals/25m<sup>2</sup>) of functional groups\*

Functional groups	Aug. '89	Nov. '89	Jan. '90	May'90	Total (average %)
Collectors	91 (7%)	1,302 (24%)	5,490 (63%)	641 (20%)	7,524 (40%)
Scrapers	1,015 (77%)	2,673 (50%)	1,843 (21%)	1,864 (57%)	7,395 (39%)
Shredders	15 (1%)	208 (4%)	466 (5%)	1 (>1%)	690 (4%)
Predators	204 (15%)	1,215 (22%)	961 (11%)	788 (23%)	3,168 (17%)
Total	1,325 (100%)	5,398 (100%)	8,760 (100%)	3,294 (100%)	18,777

\*Species which were collected in a small number and could not be assigned for proper functional groups according to Merritt and Cummins(1984) were excluded.

ers의 경우 여름에 상대적인 구성비율이 77%로 높게 나타난 것은 수온 상승과 有機物 流入 等으로 인하여 主營養源인 附着性 藻類들이 증가했기 때문이며, 반면 겨울에 21%로 낮아진 것은 이 시기에 附着性 藻類가 감소한 때문인 것으로 사료된다. 포식자는 평균 17%로 년중 비교적 일정하였는데, 이것은 초식성 및 부식성인 세 機能群(collectors, shredders, scrapers)內의 季節에 따른 구성비는 다르더라도 전체 출현비는 안정되었으므로, 항시 포식자의 먹이로 공급될 수 있었음에 기인한다고 하겠다.

## 2. 優占種과 優占度

조사지점의 제 1 優占種은 대부분 날도래目の *Lepidostoma* sp.1였으나 채집시기와 장소에 따라 하루살이目の *Heptagenia kihada*와 *Paraleptophlebia chocatora*, 파리目の *Diamesa* sp.1 등이 주요 優占種으로 나타나기도 했다. 특히 겨울에는 *Diamesa* sp.1이 제 1 優占種으로 나타났다. 전반적으로 제 2 優占種은 주로 하루살이目の *Ecdyonurus* sp.1, *Epeorus* sp.2, *Neophemera kua*, 강도래目の *Kiotona* sp.1, *Neoperla quadrata*, *Capnia kua*와 파리目の *Rheocricatopus* sp.1 등이 나타났다.

季節別, 地域別로 나타난 優占種 및 優占도는 Table 6과 같다. *Lepidostoma* sp.1이 優占種으

**Table 6.** Dominant species and indices(DI) at each sampling site in the middle reaches of the Paenae stream from August 1989 to May 1990.

Sites	1st dominant species	2nd dominant species	DI	
Aug. 1989	1	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Ecdyonurus</i> kua	0.33
	2	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.61
	3	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.76
	4	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Kiotona</i> sp.1	0.36
	5	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.74
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.57	
Nov. 1989	1	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.35
	2	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.32
	3	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Epeorus</i> sp.2	0.66
	4	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Neoperla quadrata</i>	0.48
	5	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Capnia</i> kua	0.28
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.40	
Jan. 1990	1	<i>Paraleptophlebia chocatora</i>	<i>Ecdyonurus</i> kua	0.22
	2	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Rheocricatopus</i> sp.1	0.54
	3	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Paraleptophlebia chocatora</i>	0.43
	4	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.48
	5	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.31
Total	<i>Diamesa</i> sp.1	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.33	
May 1990	1	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.44
	2	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Neophemera</i> kua	0.79
	3	<i>Heptagenia kihada</i>	<i>Lepidostoma</i> sp.1	0.34
	4	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.44
	5	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.46
Total	<i>Lepidostoma</i> sp.1	<i>Heptagenia kihada</i>	0.55	

로 출현할 때는 비교적 높은 密度로 나타나 다른 種들에 비해 상대적으로 優占率은 높았다. 優占度는 여름(89년 8월)에 가장 높았고, 겨울(90년 1월)에 가장 낮게 나타났으며, 전체 평균 0.51이었다.

### 3. 生物學的 水質 判定

채집된 群集分析을 통한 季節別 多樣度, 均等度, TBI(Trent biotic index), BS(Biotic score), BMWP(Biological monitoring working party) score 등의 생물 지표들은 Table 7과 같았다. 多樣도와 均等도는 개체수가 많이 채집된 가을과 겨울에 매우 높았는데, 가을에는 種數도 많았고 개체수도 많아 多樣도와 均等도가 각각 4.45, 0.70으로서 가장 높았다.

겨울에는 전술한 바와 같이 특정 種들이 집중적으로 나타났지만, 반면 기타 種들이 비교적 높은 密度로 고르게 출현하여 多樣도와 均等도가 각각 4.13, 0.68로 봄과 여름보다 높게 나타났다. 여름에는 多樣도가 제일 낮았는데, 이는 앞서 언급한 바와 같이 行樂客의 증가로 인한 有機物 流入과 流量 및 流速 감소로 인한 水質의 일시적 오염 상태를 반영한다고 하겠다. 이것은 이시기에 BOD와 pH가 높아진 화학적 지표의 결과와도 일치하였다(Table 1). Wihlm and Dorris(1968)에 의하면 多樣度 指標가 3이상일 때 청정한 수질상태라 하였는데 본 調査에서는 여름을 제외하고는 多樣度 指標가 3.6~4.5이어서 水質이 매우 淸淨함을 알 수 있다.

TBI와 BS의 경우 8월에 가장 낮아 상기 조사결과들을 확인해 주었으며, 기타 季節에는 최고점을 나타내었다. BMWP는 全季節에 걸쳐 최고점으로 평가되었다. 多樣度, 均等度, TBI, BS와 BMWP 등의 전체 평균은 각각 3.75, 0.62, 14.5, 99.8과 10이었다.

BS에 의거한 腐水性(Sladecek, 1979)은 全季節에 걸쳐 매우 淸淨한 상태인 xeno-saprobity로 나타났다. BOD에 의한 腐水性 판정은 가을과 봄에는 생물지표에 의한 판정과 일치하였으나 여름과 겨울에는 oligo-saprobity로 나타났다. 이는 전술한 바와 같이 여름과 겨울에 각각 인위 및 자연적인 원인으로 BOD가 높았기 때문이었다. 이는 매우 淸淨한 상태에서 BOD가 腐水性 판정에 상대적으로 민감함을 시사한다. 그러나 여름 조사에서는 群集調査 시기에 BOD가 동시에 조사되지 않았기 때문에 민감성을 바로 비교할 수는 없다. 하지만 이 시기에 다양도가 2.78로 낮았기 때문에, 有機物 유입이나 환경변화가 있었음을 간접적으로 시사한다

**Table 7.** Biological and chemical indices in the middle reaches of the Paenae stream in different seasons\*

Moths	Biological index						Chemical index		
	Sp	H	E	TBI	BS	BMVP	Sa	BOD	Sa
Aug. 1989	39	2.78	0.53	13	99	10	xeno	1.4**	oligo
Nov. 1989	82	4.45	0.70	15	100	10	xeno	0.5	xeno
Jan. 1990	69	4.13	0.68	15	100	10	xeno	1.2	oligo
May 1990	79	3.64	0.58	15	100	10	xeno	0.8	xeno
Overall***	126	4.49	0.64	15	100	10	xeno	0.9	xeno

\*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, Sa : Saprobity.

\*\*The value in the average of measurements observed in summer of 1990.

\*\*\*The values were analyzed from the total measurements observed during the study period.

고 하겠다. 낙엽 등의流入으로 인해 자연상태의 有機物量이 많은 겨울에는 다른 생물지표들은 물론 多樣度指標도 높았다. 그러나 BOD는 높았으므로, 이 경우 자연적인 조건의 淸淨한 상태에서는 BOD가 有機物 流入에 상대적으로 민감함을 나타내었다고 볼 수 있었다.

## 摘 要

1989년 8월부터 1990년 5월까지 4季節에 걸쳐 洛東江 支流인 배내천 中流의 長善里 野營場 주변의 5개 지점을 대상으로하여 底棲性 大型無脊椎動物의 群集分析 및 生物學的 水質判定을 하였다.

底棲性 大型無脊椎動物은 총 3門 4綱 11目 41科 81屬 125種이 채집되었으며, 전반적으로 개체 수로는 하루살이목이 9科 17屬 33種으로 가장 많이 출현하였고, 種數로는 파리목이 39種으로 가장 다양하였다. 가장 많은 種이 출현한 季節은 가을(89년 11월)이었으나, 密度는 파리목의 깔다구科와 하루살이목의 특정 種들이 많이 채집된 겨울(90년 1월)에 더 높았다.

機能群(functional groups)의 季節的 出現은 영양원과 관계가 있었는데, 낙엽 및 잔가지 등이 많이 축적된 겨울에는 collectors와 shredders가 많이 나타났고, 附着性 藻類가 증가한 여름에는 scrapers가 많이 채집되었다. Predators는 평균 17%로 全季節에 걸쳐 비교적 일정하게 나타났다.

조사기간 중 最優占種은 날도래목의 *Lepidostoma* sp.1이었으며, 다음으로 하루살이목의 *Hep- tagenia kihada*와 강도래목의 *Neoperla quadrata*도 많이 채집되었다. 겨울에는 특히 파리목의 *Di- amesa* sp.1이 優占種으로 나타났다.

生物指標인 優占度, TBI 및 BS는 각각 평균적으로 3.75, 14.5 및 100으로 조사되어 배내천은 매우 淸淨한 상태임을 알 수 있었다. BOD 등의 이화학적 조사 결과도 生物指標와 대체로 일치하였으며 腐水性은 xeno-saprobity와 oligo-saprobity로 판정되었다.

## 引 用 文 獻

- APHA, AWWA and WPCF. 1985. Standard methods for the examination of water and wastewater. AHPA. Washington. 16th. ed. 1134pp.
- Brigham, A. R., W. U. Brigham and A. Gnilka. 1982. Aquatic insects and oligochaetes of North and South Carolina. Midwest Aquatic Enterprise. Mahomet, Illinois. 837pp.
- Brinkhurst, R. O. 1986. Guide to the freshwater aquatic microdrile oligochaetes of North America. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 84, Dept. of Fisheries and Oceans, Canada. 259pp.
- Chandler, J. R. 1970. A biological approach to water quality management. Wat. Pollut. Control. 4 : 415-422.
- 津田松苗. 1966. 水生昆蟲學. 北隆館. 東京. 270pp.
- Hellawell, J. M. 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. Elsevier Applied Science Publishers. London. 451pp.
- Hynes, H. B. N. 1960. The biology of polluted waters. Liverpool Univ. Press. Liverpool, England. 202pp.

- 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 Publishing Co. Dubuque, Iowa. 729pp.
- Pennak, R. W. 1978. Fresh-water invertebrates of the United states. John Wiley & Sons, Inc. New York. 803pp.
- Pielou, E. C. 1966. The measurements of diversity in different types of biological collections. *J. Theoretical Biology*. 13 : 131-144.
- Quigley, M. 1977. Invertebrates of streams and rivers. Edward Arnorld. Colchester and London. 66pp.
- 羅鐵昊 · 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 · 曹永官 · 黃修玉. 1989. 보성강 및 이사천 수계의 수서곤충 군집에 대한 연구. *한국육수학회지*. 22 : 95-110.
- 羅鐵昊 · 白筍基 · 曹永官. 1991. 무등산 주요 계곡에 서식하는 수서곤충 군집의 계절변화에 관한 연구. *한국육수학회지*. 24 : 1-10.
- Sladeczek, V. 1979. Continental systems for the assessment of river water quality. *In*, Biological indicators of water quality. A. James and L. Evison(eds) Wiley. Chichester. pp. 3 : 1-32.
- 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 대한 조사연구. *한국육수학회지*. 12 : 33-52.
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the Holactic region, Keys and diagnoses. (Part 1. Larvae). *Entomol. Scand. Suppl.* 19. 457pp.
- Wilhm, J. L. and T. C. Dorris. 1968. Biological parameters of water quality. *Bioscience*. 18 : 447-481.
- 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 Valdai, U. S. S. R. 12-24 July. 1976. 58-81pp.
- 尹一炳. 1979. 한강 수계의 수서곤충 군집에 대한 연구. *고려대 박사학위 논문*, 1-78.
- 尹一炳 · 裴淵宰 · 梁愛淑. 1984. 북제주내 하천의 수서곤충 군집에 관한 연구. *한국육수학회지*. 17 : 63-72.
- 尹一炳 · 裴京錫 · 魚成準 · 金起弘. 1986. 영산강 하구의 저서성 대형무척추동물 군집에 관한 연구. *자연보존 연구보고서*. 8 : 43-51.
- 尹一炳. 1988. 한국동식물도감 제 30권 동물편(수서곤충류). 문교부. 서울. 840pp.
- 尹一炳 · 裴京錫. 1989. 낙동강 하구의 환경 특성과 저서성 대형무척추동물의 동태에 대한 연구. *한국육수학회지*. 22 : 11-27.

- 尹一炳·裴京錫·崔榮福. 1989. 보성강 본류에서 미소서식지에 따른 수서곤충 군집구조 및 생태학적 동태. 한국육수학회지. 22 : 321-335.
- 尹一炳·盧台鎬·李善熙. 1990. 가평천 수계의 수서곤충 군집에 관한 연구. 한국곤충학회지. 20 : 41-51.

(1991年 8月 13日 接受)