

榮山江 水系的 水棲昆蟲의 分布와 季節的 變動

白 筍 基

東新大學校 工科大学 環境工學科

Distribution and Seasonal Fluctuation of Aquatic Insects in the Yongsan River System

Baik, Soon-Ki

Department of Environmental Engineering, Dongshin University, Naju

ABSTRACT

Aquatic insects were collected from 18 sites in the Yongsan River System from August, 1988 to July, 1989. The monthly fluctuation and distributional pattern of the aquatic insects along the environmental factors were investigated. Quantitatively collected aquatic insects were identified, and numbers, standing biomass, dominance indices and diversity indices in each site and month were determined.

The aquatic insect fauna of the Yongsan River System was composed of 146 species, 82 genera, 38 families in 7 orders including 44 species of mayflies, 32 species of caddisflies, 24 species of stoneflies, 21 species of flies, 16 species of beetles, 6 species of dragonflies and 3 species of dobsonflies.

Seasonal occurrence of species were more diversified in winter and spring than in summer. Also, the number of individuals occurred was higher in winter and spring than in summer while it was the highest in upper stream and the lowest in Kwang-ju stream.

Component ratio of the number of individuals according to the insect orders was as follows: Mayflies 38.71%, Flies 36.97%, Stoneflies 10.21%, Caddisflies 6.80%, Beetles 2.96%, Dobsonflies 2.74%, Dragonflies 0.95%.

Percentage of standing biomass according to insect orders were as follows: Mayflies 32.81%, Stoneflies 26.51%, Caddisflies 17.58%, Dobsonflies 14.84%, Flies 3.74%, Beetles 3.08%, Dragonflies 1.45%. The highest standing biomass occurred in spring and the lowest in summer.

Serratella rufa was a dominant species in the Yongsan River System. Predominantly occurred species in the number of individuals were *Epeorus latifolium*, *E. curvatulus*, *Baetis* KUb, *Taenionema* KUb, *Oyamia coreana*, *Stenelmis* sp. SC, *Tanypus* sp. and *Chironomus* sp. Annual range of dominance indices was 0.181~0.401, and spatially Kwang-ju stream showed the highest annual range of 0.710~0.938.

Species diversity index(H') was 3.361 in the Yongsan River system, but it ranged from 0.391 to 3.951 in each site, and spatially Kwangju stream showed the lowest value with the annual range of 0.311~0.494. The month with the highest species diversity index was October(4.206) and the

lowest was August (2.529)

Key words: Aquatic insect, Biomass, Dominant species, Diversity index, Yongsan River System

서론

수서곤충은 생태학적으로 하천생태계 내에서 1차 또는 2차 소비자로서 먹이사슬의 중요한 위치를 차지하고 있으며 하천생태계의 제반 환경요인에 대한 적응이나 내성의 범위 등에 종특이성을 보여주고 있기 때문에 어느 한 지역에서의 군집구조 등을 파악함은 생태학적인 면에서 뿐만 아니라 수질오염 정도를 감시할 수 있는 생물학적 지표종으로서 활용가치가 클 것으로 생각된다.

이와 같은 하천생태계에서의 수서곤충의 중요한 역할을 고려한 생태학적 연구로서 국내에서는 한국 주요하천상류 수서곤충 현존량(Kim 1968), 영산강 상류수계 수서곤충에 대한 연구(Wui *et al.* 1974, Ra 1981), 한강수계 수서곤충 군집에 관한 연구(Kim *et al.* 1979, Yoon 1979, Yoon *et al.* 1983), 낙동강 수계 수서곤충군집에 관한 연구(Yoon and Byun 1981), 광양천의 수서곤충의 생태학적 연구(Ra and Cho 1986), 무등산 계곡에 서식하는 수서곤충군집의 계절변화에 관한 연구(Ra *et al.* 1991) 등이 보고되었으며 외국에서는 수환경오염과 수서곤충 군집의 변화에 관한 연구(Hawkes and Davies 1970, Hobbs and Hall 1974, Hubbard and Peters 1978)와 수서곤충의 생활사에 관한 연구(Nelson 1982, Stark 1987, Zwick 1989) 등이 보고되었다.

본 연구는 영산강수계에 서식하는 수서곤충상과 군집구조, 월별 및 지역별 수환경변화에 따른 수서곤충군집의 변천양상을 파악하고자 하였다.

조사지의 개황

영산강 수계에 유속, 수심, 하상구조와 수환경 오염물질의 유입을 고려하여 영산강 본류에 6개 지점, 고서천에 2개 지점, 황룡강에 4개 지점, 지석천에 1개 지점, 광주천에 3개 지점, 기타 지류에 2개 지점으로 총 18개 지점을 선정하였다(Fig. 1, Table 1).

각 조사지점의 수질현황은 Table 2와 같이 상류수계인 지점 1, 2, 6, 7, 13은 상수원수 1급 수질, 광주천인 지점 8, 9, 10, 11은 5급 수질이었으며 영산강 중, 하류수역은 2, 3급 수질이였다.

조사방법

1988년 8월부터 1989년 7월까지 월별로 계류용 정량채집망인 surber net(50×50 cm)를 사용하여 1개 지점에서 2회씩 채집을 실시하였다(Surber 1937). 채집된 모든 유충은 Kahle's 용액에 1~2일 고정후 70% ethanol에 보존하였다(Edmunds *et al.* 1976). 수서곤충의 동정은 Kawai (1985), Bae(1985), Aw(1986), Ra(1987)을 참고하였으며 이중에서 Chironomidae는 종 단위까지 동정이 어려워 속까지만 동정하였고 아직 성충이 확인되지 않은 상태로 보고되어있는 종은 우선 KU(Korea University)(Bae 1985, Aw 1986, Kim 1986)와 CU(Chonnan University)(Ra 1987)로 기록하였다.

우점종은 개체수와 생체량을 고려하여 선정하였고 우점도지수는 Mc'Naughton's dominance index(DI)에 의해(Mc'Naughton 1967), 즉 $DI = n_1 + n_2 / N$ (N=총개체수, n_1, n_2 =제1, 제2우

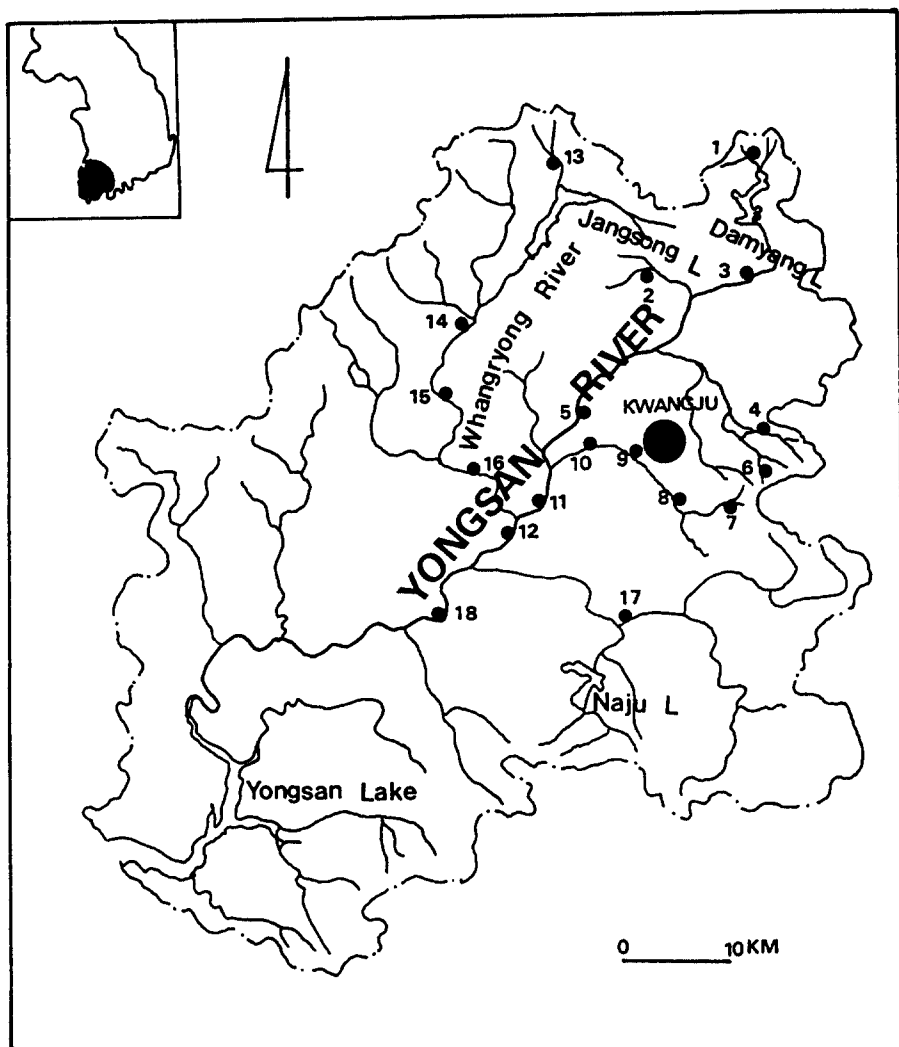


Fig. 1. Map of the Yongsan River System and sampling sites.

Table 1. List of localities of samplig sites, stream types and stream orders in the Yongsan River System

Site	Locality	Stream *type	Stream *order	River **
1	Yongmyon, Tamyang	H.S	1	Y.S
2	Mt. Pyongp'ung, Wolsan, Tamyang	L.S	1	Y.S
3	Tamyang-up, Tamyang	C.R	3	Y.S
4	Yongchon-ri, Namyon, Tamyang	S.S	3	K.S

- Continued -

Table 1. Continued.

Site	Locality	Stream	Stream	River
5	Tongun-dong, Kwangju	C.R	3	Y.S
6	My. Mudung, Sanjang, Kwangju	H.S	1	K.S
7	Chungsimsa, Hak-dong, Kwangju	S.S	2	K.J
8	Pangrim-dong, Kwangju	S.S	3	K.J
9	Yangrim-dong, Kwangju	C.R	3	K.J
10	Yudok dong, Kwangju	C.R	3	K.J
11	Songjong-dong, Kwangju	S.R	4	Y.S
12	Maruk, Soch'ang, Kwangju	S.R	5	Y.S
13	Paekyangsa, Pukha, Changsong	L.S	2	W.R
14	Changsong-up, Changsong	C.R	3	W.R
15	Imkok, Kwangju	C.R	3	W.R
16	Tongkok, Kwangju	S.R	4	W.R
17	Namp'yong, Naju	C.R	3	J.S
18	Najutaekyo, Naju	S.R	5	Y.S

* H.S:High small stream, L.S: Lower small stony stream, S.S: Stony stream,
C.R: Constant river, S.R: Sluggish river.

** Y.S: Yongsan River, K.S: Koso Stream, K.J: Kwangju Stream,
W.R: Whangryong River, J.S: Chisok Stream.

Table 2. Water quality of sampling site in Yongsan River System.

Site	Water temp(°C)	pH	DO (mg /l)	BOD (mg /l)	Cond. μ mohs /cm	Trophic level	Water quality
1	2.0~25.5	6.6~7.4	9.4~14.2	0.8~1.5	33~41	빈부수성	I
2	1.5~24.0	7.2~8.1	8.7~13.6	0.8~1.7	27~74	빈부수성	I
3	1.8~27.5	5.8~8.3	5.9~12.4	2.8~11.2	82~143	중부수성	II
4	1.5~27.5	6.7~7.3	8.3~13.6	1.8~4.3	43~83	중부수성	II
5	2.0~27.0	6.7~7.8	7.4~13.2	2.6~8.7	98~145	중부수성	I II
6	1.5~26.5	6.8~7.4	8.3~13.7	1.4~3.5	32~82	빈부수성	I
7	1.0~26.5	6.7~7.4	7.2~13.4	1.6~1.8	35~79	빈부수성	I
8	2.0~26.5	6.0~8.5	6.2~10.7	28.4~43.1	193~272	강부수성	V
9	5.0~28.0	5.7~8.6	2.6~11.3	45.3~65.4	311~470	강부수성	V
10	4.5~27.5	5.3~8.8	2.4~10.6	49.7~72.8	471~645	강부수성	V
11	4.5~27.5	5.4~8.8	4.7~11.4	18.4~25.5	285~437	강부수성	V
12	3.0~27.5	5.3~8.1	4.6~10.8	4.3~11.2	183~210	중부수성	III
13	1.2~27.0	6.3~8.1	5.6~12.5	1.2~1.5	72~95	빈부수성	I
14	1.5~27.5	6.4~7.9	7.3~13.9	2.3~2.5	83~118	중부수성	II
15	2.5~26.5	6.2~7.6	6.7~12.8	3.6~3.8	96~134	중부수성	III
16	2.5~27.0	6.2~7.1	5.9~12.7	2.4~4.6	98~138	중부수성	III
17	2.0~26.5	6.7~7.4	5.3~11.4	1.7~2.9	101~145	중부수성	III
18	3.0~27.0	6.2~7.8	5.8~12.0	3.6~10.4	114~156	중부수성	III

점종의 개체수)로 산출하였다. 종다양성 지수는 Shannon-Wiener function(H')에 준하였다 (Pielou 1966, 1975).

결과 및 고찰

분류군

본 조사기간 동안 각 지역에서 채집, 동정된 수서곤충은 7목 38과 82속 146종이었으며(Appendix) 동정된 수서곤충 가운데 *Caenis* sp., *Plectonemia* sp., *Astenophylax* sp., *Neoseverinia* sp., *Simulium* sp., *Tanytus* sp., *Chironomus* sp., *Pentaneura* sp., *Tanytarsus* sp., *Cryptochironomus* sp.는 종까지 동정이 이루어지지 못하여 우선 sp.로 보고하였다.

영산강 수계는 국내 다른 하천과 비교해 볼 때 Choi 등(1973)의 조종천과 Yoon(1979)의 한강 수계, Yoon 등(1981)의 낙동강 수계에 비하여 비교적 다양한 분류군을 보여주며 이 지역에서 노린재류(Hemiptera)나 툽토기류(Collembolla)가 출현되지 않은 것은 본 조사가 하상, 유속 등을 고려한 정성채집이 아닌 정량채집을 한 점과 기타 다른 환경요인에 기인된 것이라 생각된다. 즉 노린재류(Hemiptera)는 정수된 수역의 물표면이나 유속이 비교적 느린 수역에서 많이 서식하는데 반해 본 연구의 조사지점은 대부분 유속이 빠른 지역이었으며 또한 하천내에 수초들도 거의 없는 상태였기 때문에 노린재류나 툽토기류의 서식환경으로서 부적당한데 기인된 것이라 생각된다.

월별 각 지역에서 채집 동정된 수서곤충의 종수는(Table 3) 3월이 7목 25과 50속 70종으로 가장 많았으며 다음 6월, 2월, 1월, 4월 순이었으며 8월에 7목 12과 35속 44종으로 가장 적었다. 이와 같이 1, 2, 3월에 다양한 분류군이 출현한 것은 연중 수환경의 변화가 가장 적고 수서곤충의 생활사에서 수서곤충 중 절대 종수가 많은 하루살이류나 강도래류 등 대부분의 종이 춘계에 우회하기 때문인 것으로 생각되며 8월에 가장 적게 출현된 것은 어린 유충이 수온이나 용존산소 등에 의해 성장이 지연되고(Hynes 1976, Nelson 1982, Ra 1987), 사용된 정량채집망의 망사가 1mm로 어린 유생이 채집되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

Table 3. Number of taxa occurred in each month in the Yongsan River System.

Month	Order	Family	Genus	Species
1	7	25	48	65
2	7	25	51	66
3	7	24	50	70
4	7	20	44	62
5	7	18	36	53
6	7	23	50	69
7	7	22	41	57
8	7	12	35	44
9	7	19	36	51
10	7	22	37	51
11	6	21	36	48
12	7	21	43	58
Total	7	37	82	146

Table 4. Number of taxa occurred in each site in the Yongsan River System.

Site	Taxa	Order	Family	Genus	Species
1		7	24	55	87
2		6	26	48	77
3		6	17	35	51
4		7	20	39	58
5		6	14	24	28
6		6	22	43	63
7		6	21	38	50
8		4	7	16	17
9		2	3	4	4
10		2	3	3	3
11		5	7	7	9
12		5	8	12	12
13		7	26	52	85
14		6	19	38	61
15		6	13	28	41
16		6	14	24	39
17		6	14	18	24
18		5	11	15	15
Total		7	37	82	146

지역간 분류군은 Site 1(담양군 용면)에서 7목 25과 55속 87종으로 가장 다양했으며 그 다음 Site 13으로 7목 26과 53속 85종이 나타났다(Table 4). 가장 적은 분류군을 나타낸 지역은 Site 10(광주시 유덕동)으로 2목 3과 3속 3종이었다. 전체 수역으로 보았을 때 상류 수계인 Site 1, 2, 4, 6, 13은 50종 이상으로 다양한 종이 출현된 반면, 중·하류로 갈수록 종수가 감소하였으며 특히 광주천에 위치한 Site 8, 9, 10, 11은 연간 10종 미만이었다. 이것은 상류수역이 하류 수역에 비해 용존산소, 하상구조, 낙엽 등 물리·화학적 환경요인이 수서곤충의 서식에 적합하여 분류군이 다양했다고 생각되며 하류수역이나 광주천은 광주시와 나주시의 생활하수나 산업폐수 등의 영향으로 파리류(Diptera)의 *Chironomus* sp., *Psychoda alternata*, 하루살이류(Ephemeroptera) 중 *Serratella rufa*, *Cloeon dipterum*, 뱀자리류(Megaloptera)의 *Protohermes grandis* 등 내인종의 개체수가 증가하나 전체적으로 보았을 때 적은 종수가 서식하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 오염하중이 큰 광주천에 위치한 Site 9, 10, 11은 이러한 내인종마저도 개체수가 감소하여 Site 9인 광주시 양동과 광주시 분뇨처리장인 Site 10, 송정대교인 Site 11은 연간 채집된 개체수가 100개체/m² 미만인 반면 광주시 도시하폐수의 유입이 시작되는 광주시 방림동, Site 8은 전체 1,558개체/m² 중 깔다구(Chironomidae)가 1,528개체/m²를 점유하였다. 이와 같은 사실은 현재까지 수서곤충중 오염내성이 가장 강한 것으로 알려진(Beck 1977, Kawai 1985) *Chironomus pulmosus*나 *Psychoda alternata*도 내성의 한계가 있음을 보여주는 결과라고 생각된다.

영산강 전 수계에서 출현된 146종 수서곤충에 대한 목별 종수 구성비율은 하루살이류가 44종 30.1%로 가장 높은 구성비율을 보였으며 다음은 날도래류가 32종 23.88%, 강도래류 24종 16.44%, 파리류 21종 14.38%, 딱정벌레류 16종 10.94%, 잠자리류 6종 4.11%, 뱀잠자리류(Megaloptera) 3종 2.05% 순이었다.

이와 같은 사실은 하루살이류와 날도래류가 타 목에 비해 그 절대 종수가 많은데 기인하며 국내 다른 하천과 비교해서(Kim 1968, Wul *et al.* 1974, 1977, Ra 1977, 1981, Yoon 1979, 1981, 1985) 강도래류의 구성비율이 높았던 것은 조사지역의 상류수계가 산간계류수역이었기 때문인 것으로 생각된다.

월별 목별 종수의 구성비율(Fig. 2)은 매월 공히 하루살이류가 높았으며 5월에 49.06%로 가장 높았다. 반면 강도래류는 2월에 25.76%로 가장 높았고 5월에 3.77%로 가장 낮았다. 날도래류는 7, 8월에, 딱정벌레류는 6, 7월에, 잠자리류는 2, 3월에, 파리류는 3, 4, 5, 6월에 가장 높은 구성비율을 보였다. 전체적으로 하루살이류는 동계에서 춘계에 이르면 따라 증가하다, 6, 7, 8월에 감소하여 9월부터 증가하기 시작하였고, 강도래류는 10월부터 증가하여 2월에 최고치에 달하며 점차 감소하여 하계에 가장 낮은 구성비율을 보였다. 이는 수서곤충이 종에 따라 하천에 서식하는 생활사가 다르기 때문인 것으로 하루살이류는 대부분의 종이 일년생으로 춘계 즉, 4, 5, 6월에 우화하는 종이 많고 강도래류는 동계와 춘계에, 날도래류는 추계에 우화하는 종이 많기 때문인 것으로 생각된다(Hynes 1976, Nelson 1982, Ra 1987, Schuster and Klemm 1978).

지역별 목별 종 구성비율은 하루살이류가 광주천인 Site 8, 9, 10, 11과 영산강 하류인 Site 12, 18을 제외하고는 각 지역에서 공히 높은 구성비율을 나타냈으며, 강도래류는 Site 2인 담양 병풍산에서, 딱정벌레류는 Site 17인 남평리에서, 잠자리류는 Site 14, 15인 장성읍과 임곡동에

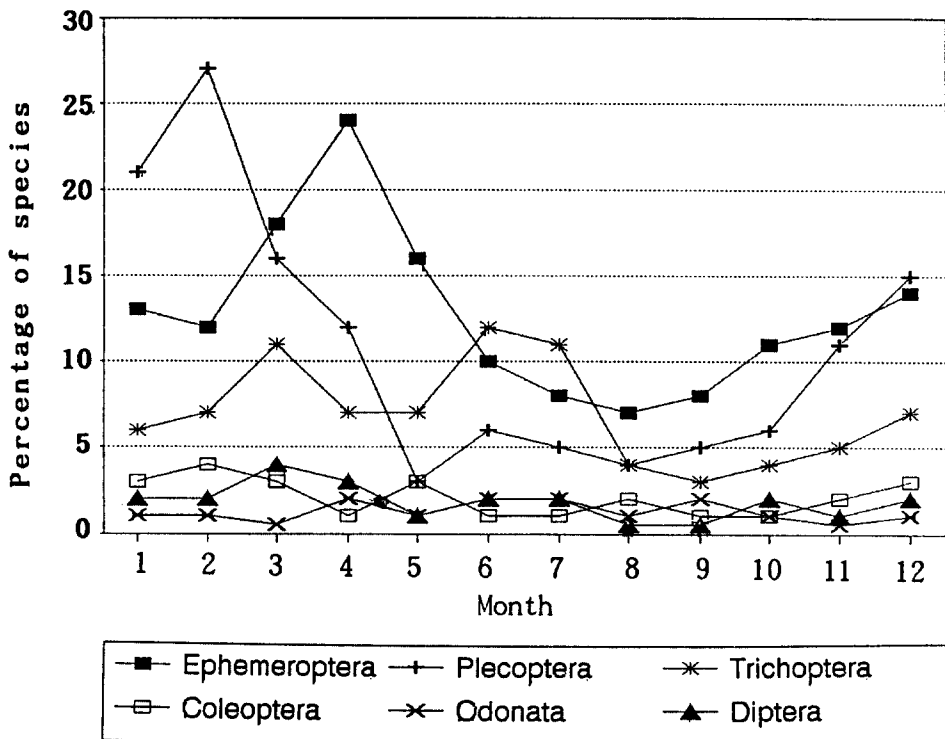


Fig. 2. Monthly variation of the proportion in percentage of species of each order in the Yongsan River System.

서, 날도래류는 상류수계에서, 파리류는 광주천인 Site 8, 9, 10, 11과 영산강 하류인 Site 12, 18에서 높은 비율을 나타내었다.

이와 같은 사실은 영산강 상류수계가 청정수역으로서 오염물질에 내성이 약한 하루살이류나 강도래류의 서식 환경으로서 적합한 반면 하류수계는 도시하수나 산업폐수의 영향으로 종수가 감소하고 파리류의 *Chironomus* sp., *Psychoda alternata*의 개체수가 증가되었기 때문인 것으로 판단된다.

전체 조사지역을 통해서 파리류의 *Chironomus* sp.가 2,601개체/m²로 개체수 면에서 가장 많았으며 하루살이류의 *Serratella rufa*, *Epeorus curvatulus*, *Epeorus latefolium*, 강도래류의 *Taenionema* KUa, 날도래류의 *Hydropsyche* sp. KC., *Hydropsyche orientalis*, 딱정벌레류의 *Mataeoapsephenus japonicus* 등이 대집단을 이루어 서식하는 종들이었으며 이들 집단에 의하여 영산강 수계내의 군집구조 및 종조성에 영향을 주게 됨으로써 하천 생태계내에서 그 중요성이 크다고 생각된다.

전 조사지역을 통해서 강도래류, 하루살이류, 날도래류 등은 산간계류인 상류수역에 대부분 출현되었으며 하류 및 도시하수의 유입이 많은 광주천은 파리류(Diptera)가 대집단을 이루어 서식하였으며 이들 하류와 광주천에서는 강도래류가 단 한 종도 출현되지 않았다.

개체수

본 연구에서는 수서곤충의 개체수와 현존생물량을 조사하였으며 이를 목별, 월별 및 지역별로 비교하였다.

각 목별 개체수는 하루살이류가 6,222개체/m²로 가장 많았으며 다음 파리류 5,864개체/m², 강도래류 1,621개체/m²순이었으며 잠자리류가 149개체/m²로 가장 적었다. 일반적으로 오염되지 않은 하천에서 날도래류의 개체수가 높은 점유율을 차지한다고 보고되어 있으나(Kim 1968, Wui *et al.* 1974, 1977, Ra. 1977, 1981, Yoon 1979, 1981, 1985) 본 조사수역에서 적었던 것은 영산강 중, 하류수계가 도시하수의 영향으로 그 오염하중이 증대되고 있으며 그로 말미암아 비내인종의 개체수가 급격히 감소한 때문인 것으로 판단된다.

월별 개체수는 3월이 2,477개체/m²로 가장 높았으며 다음이 4월, 2월순이었으며, 반면에 9월이 650개체/m²로 가장 낮았다. 전체적으로 추계에서 동계에 이르면 따라 증가하다 춘계에 최고치를 나타낸 후 5월에 감소, 6, 7월에 다시 증가함을 보였다. 이는 하천에 대집단을 이루어 서식하는 날도래류와 깔다구 등의 개체수가 6, 7월에 급격히 증가되었기 때문인 것으로 생각된다.

월별 목별 개체수는 Fig. 3에서와 같이 하루살이류는 추계와 동계에 이르면 점차 증가하다 3월 1,071개체/m², 4월 1,022개체/m²로 최고치를 나타낸 반면, 강도래류는 9월부터 점차 증가하여 2월에 526개체/m²로 최고치를 나타낸 후 하계에 이르면서 점차 감소함을 보였으며, 날도래류는 하계에, 파리류는 3월에 가장 높은 개체수를 나타내었다. 이와 같은 사실은 수서곤충의 생활사와 밀접한 관계가 있는 것으로 하루살이류의 경우 6, 7, 8월에 어린 유생으로 생존하여 채집되지 않고 우화하기 직전인 3, 4월에 대량으로 출현되기 때문에 춘계에 가장 높은 개체수를 나타냈다고 생각된다. 강도래류는 월동을 유충으로 하는 winter species가 대부분이기 때문에 1, 2월에 높은 개체수를 나타내었다고 생각되며 하계에 적은 개체수가 출현된 것은 대부분의 강도래류가 협온성이기 때문에 수온이 높은 하계에는 서식처가 한정되고 갯 부화된 어린 유생이 300 μ 정도의 크기로 성장이 지연되어 채집되지 않았기 때문인 것으로 생각된다(Harper 1971, Hynes 1976, Ra 1987).

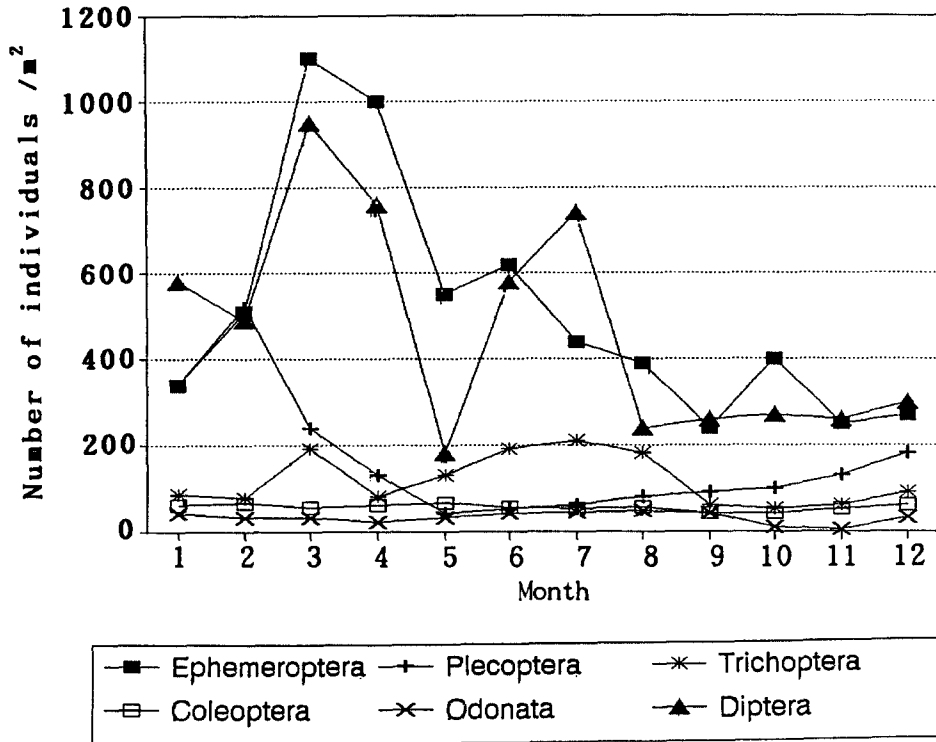


Fig. 3. Monthly variation of number of individuals of the orders in the Yongsan River System.

현존생물량

각 목별 현존생물량의 구성비율은 하루살이류(Ephemeroptera)가 139.51g /m², 32.81% 로 가장 높고 강도래류(Plecoptera)가 112.73g /m², 26.51%, 날도래류(Trichoptera) 17.58%, 뱀잠자리류(Megaloptera) 14.84%, 파리류(Diptera) 3.74%, 잠자리류(Odonata) 1.45%, 딱정벌레류(Coleoptera) 3.08% 순이었다. 하루살이류(Ephemeroptera)가 가장 높은 구성비율을 보인 것은 다른 목들에 비해 그 절대종수와 개체수가 많은 것과 대체적으로 몸크기가 큰 *Drunella aculea*, *Cincticostella okumia*, *Epeorus latifolium*, *Epeorus curvatulus* 등이 대집단을 이루어 서식하였기 때문이며, 강도래류(Plecoptera)는 성장하는데 1년 이상 소요되는 *Pteronarcys sacchalin*, *Oyamia coreana*, *Isoperla* KUa, *Paragnetina flavotincta* 등 대형종이 영산강 상류 수계에서 대량 출현되어 강도래류(Plecoptera)가 날도래류(Trichoptera)보다 훨씬 큰 현존생물량을 보였다고 본다. 한편 개체수가 많은 파리류(Diptera)는 대부분 크기가 대단히 작은 *Chironomus* sp., *Tanytus* sp.가 그 대부분이었기 때문에 현존생물량에서 가장 낮았다고 생각된다.

월간 수서곤충 현존생물량은 2월이 53.17g /m²로 가장 높았으며 그 다음이 3월, 1월, 4월, 12월 순이었으며 8월이 17.38mg /m²로 가장 적어서 겨울에 높고 여름에 낮은 경향을 보여주었다.

이와 같은 사실은 수서곤충의 생활사와 밀접한 관계가 있는 바 비교적 많은 종이 동계와 춘계 사이에 우화하며 우화 직전의 성숙유충의 개체수가 1, 2, 3월에 집중적으로 증가하는 반면 7, 8, 9월은 개체수는 비교적 많지만 이들은 부화된 어린 유충이며 또한 수온상승에 따라 성장이 지연된 유충이기 때문에 상대적으로 현존생물량이 낮았다고 본다. 또한 2월에 개체수에 있어서는 1,703개체/m²로 3, 4월에 비해 적지만 현존생물량이 컸던 것은 수서곤충중 가장 체형이 큰 *Pteronarcys sacchalina*나 *Tipula*, *Simulium* 등의 우화 직전 유충이 2월에 대량으로 출현되었기 때문인 것으로 본다. 각 목별 월별 현존생물량의 변화를 보면 12, 1, 2월에는 강도래류가, 나머지는 하루살이류가 가장 높은 현존생물량을 보였는데 하루살이류는 동계에서 춘계에 이룸에 따라 증가하다가 4월에 23.82g/m²로 최고치를 나타내며 그 후 점차 감소하여 8월에 최저치인 5.12g/m²로 기록하고서는 9월부터 다시 증가함을 보였다(Fig. 4). 반면 강도래류는 10월부터 증가하여 2월에 26.05/m²로 최고치를 보였으며 3월부터 감소하여 5월에 1.24g/m²로 최저치를 나타내었다. 즉 하루살이류는 동계와 춘계 사이에 주로 우화하고 하계에 산란부화하기 때문에 연중 고른 출현을 보이는데 비해 강도래류는 대부분의 종이 동계와 춘계에 우화하고 산란과 부화 후 하계동안 성장이 지연되거나 중지된다는 것을 알 수 있었다. Ra(1978)는 강도래류중 *Taenionema* KUa와 *T. CUa*는 2, 3월에 성장을 완료하고 *Capnia japonica*, *Allocaupnia granulata*는 1~2월에, *Pteronarcys sacchalina*는 3월에, *Archynopteryx* KUa, *Neoper quadrata*, *Paragnetina flavotinta*, *Kamimuria* KUa, *Oyamia coreana* 등은 3, 4, 5월에 성장을 완료함을 보고하였는데 본

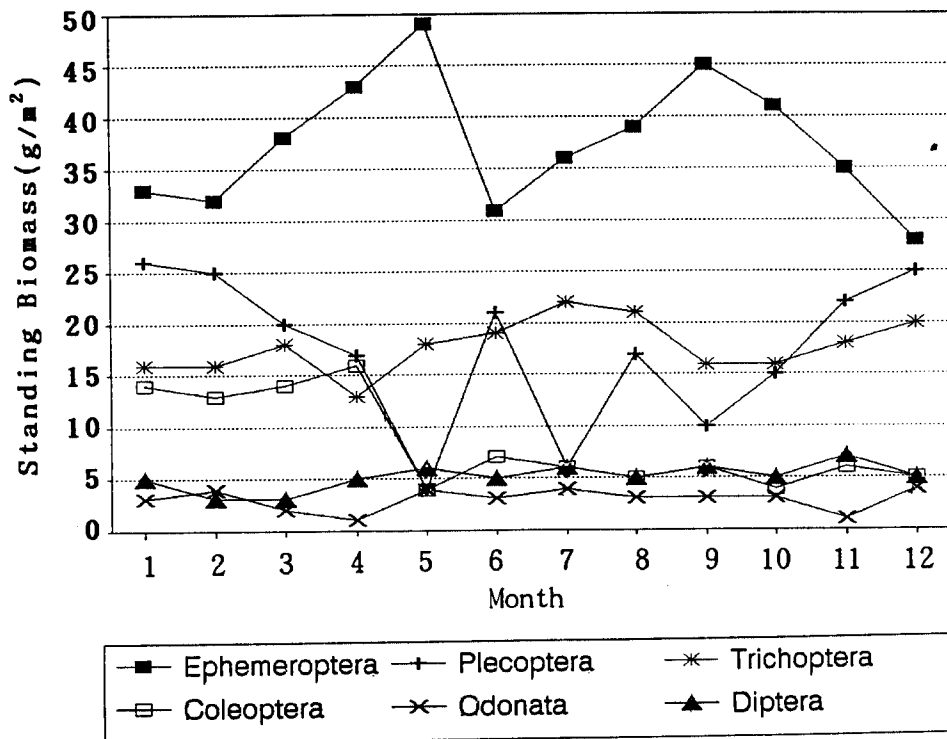


Fig. 4. Monthly variation of the standing biomass of the orders in the Yongsan River System.

연구에서 강도래류의 현존생물량이 2월에 가장 컸던 것은 강도래류중 체형이 가장 큰 *Pteronarcys sacchalina*가 2월에 최대로 성장하고, *Taenionema*가 최대의 개체수를 보였기 때문인 것으로 보며, 3, 4월에 완만한 감소를 보인 것은 중형종인 *Oyamia*, *Paragnetina*, *Archynopteryx* 등이 최대로 성장했기 때문인 것으로 생각된다. 날도래류는 1월부터 5월까지 점진적으로 증가하다 6, 7월에 최고치인 10.92g/m² 를 보여 수온이 높을 때 우화하는 종이 많은 것으로 생각되며 이들은 7, 8, 9월에 하천 주변이나 그늘진 다리밑에서 대 집단을 이루었다. 지역별 현존생물량의 차이는 Site 2(담양 병풍산)에서 78.59g/m²로 가장 높았으며 Site 10(광주시 유덕동)이 0.028g/m²로 가장 낮았다. 대부분 상류수계에 위치하는 Site 1, 3, 6, 7, 13, 14, 15등에서 현존생물량이 높았으며 반면에 광주천 및 영산강 하류는 10.00g/m² 이하로 상, 하류간에 극심한 지역적 격차를 보였다. 이런 현상은 오염물질에 대한 수서곤충의 감수성을 보여주는 결과로서 상류수계는 하상구조, 용존산소, 유속 등 이화학적 환경이 수서곤충이 잘 적응할 수 있는 조건인 반면 하류 및 광주천 지류는 도시하, 폐수 등의 영향으로 내인종마저도 생존이 불가능한 수역으로 중수 및 개체수가 급격히 감소하여 현존생물량의 극심한 격차를 보인 것으로 판단된다.

우점종 및 우점도 지수

본 조사에서 영산강 전수계의 우점종은 *Serratella rufa* 였으며 지역별 우점종 및 우점도 지수는 (Table 5) Site 9인 광주시 양동에서 *Chironomus* sp.가 0.938로 가장 높은 우점도 지수를 보였으며 다음 Site 10, Site 11, Site 16, Site 8, Site 12 순이었고 지점 1의 *Epeorus latifolium* 이 우점도 지수 0.205로 가장 낮았다. 전체적으로 보아 우점도 지수는 상류수계인 Site 1, 2, 4, 6, 13은 비교적 낮고 광주천인 Site 8, 9, 10, 11, 12와 영산강 하류인 Site 18은 높아 상하류간에 큰 격차를 보였다. 종 구성에 있어서도 상류는 하루살이류와 강도래류가, 광주천과 영산강 하류

Table 5. Dominant species and the dominance indices (DI) from each site in the Yongsan River System.

Site	Dominant Species	Dominance indices	Site	Dominant Species	Dominance indices
1	<i>Epeorus latifolium</i> <i>Taenionema</i> Kua	0.205	10	<i>Chironomus</i> sp. <i>Psychoda alternata</i>	0.884
2	<i>Taenionema</i> Kua <i>Epeorus curvatulus</i>	0.342	11	<i>Chironomus</i> sp. <i>Protohermes grandis</i>	0.843
3	<i>Serratella rufa</i> <i>Baetis</i> Kud	0.516	12	<i>Chironomus</i> sp. <i>Stenelmis</i> sp. SC	0.710
4	<i>Epeorus latifolium</i> <i>Epeorus curvatulus</i>	0.288	13	<i>Epeorus latifolium</i> <i>Epeorus napaesus</i>	0.237
5	<i>Chironomus</i> sp. <i>Tanypus</i> sp.	0.640	14	<i>Serratella rufa</i> <i>Ephemera orientalis</i>	0.193
6	<i>Epeorus latifolium</i> <i>Epeorus curvatulus</i>	0.288	15	<i>Serratella rufa</i> <i>Protohermes grandis</i>	0.336
7	<i>Tanypus</i> sp. <i>Epeorus curvatulus</i>	0.316	16	<i>Chironomus</i> sp. <i>Serratella rufa</i>	0.297
8	<i>Chironomus</i> sp. <i>Tanypus</i> sp.	0.750	17	<i>Tanypus</i> sp. <i>Serratella rufa</i>	0.400
9	<i>Chironomus</i> sp. <i>Cryptochironomus</i> sp.	0.938	18	<i>Chironomus</i> sp. <i>Pentaneura</i> sp.	0.823

는 파리류가 우점하여 상하류간에 차이를 보여주었다. 즉 *Epeorus latifolium*은 Site 1, 4, 6, 13에서, *Serratella rufa*는 Site 3, 14, 15, *Chironomus* sp.는 Site 8, 9, 10, 16, 18, *Tanytus* sp.는 Site 7과 17에서 우점하는 종들이었다. 이와 같이 상하류간에 심한 차이를 나타낸 것은 상류수역은 산간계류로서 인위적 환경변화가 적어 비내인종의 종수가 증가한 반면 광주천과 영산강 하류는 도시하수의 과다 유입으로 인하여 다수의 비내인종의 종수가 감소하고 소수의 내인종 즉 파리류(Diptera)의 *Chironomus* sp. 의 개체수만 증가되었기 때문이라고 생각한다.

영산강 수역의 선행연구에서 Wui 등(1974), Ra 등(1977, 1981)은 영산강 수계의 우점종으로 *Mataopsephenus japonicus*로 보고한 바 있으며 Wui 등(1977)은 영산강 전체 수역의 우점종을 *Hydropsyche* sp. KA, *Choroterpes trifurcata*로 보고하였고 Ra 등(1977, 1981)은 영산강 상류 수역인 노령천과 황룡강에서 *Epeorus latifolium* 이라고 보고하였다. 그러나 영산강 수계에서 우점종으로 보고되었던 종들이 본 조사에서는 파리류의 *Chironomus* 나 하루살이류의 *Serratella rufa*로 나타나는데 이는 그동안 영산강 수계에 팔채채취나 보의 형성으로 인하여 하상구조, 유속 등 물리적 환경변화와 도시화 산업화로 인한 도시하수나 산업폐수의 증가로 주먹돌이나 수박돌에 부착하여 서식하는 *Hydropsyche*나 *Mataopsephenus* 등의 개체수가 감소하고 반면 유기물 오염에 비교적 내성이 강한 *Serratella rufa* 나 *Chironomus* sp. 등의 개체수가 증가되어 종 구성 변화를 가져온 것으로 생각된다.

종 다양성

각 월별로 지역에서 산출된 종 다양성지수는 Table 6에 표시하였으며 영산강 전수계의 다양

Table 6. Values of the species diversity indices(H') from each site and month in the Yongsan River System

Site	Month												Mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	4.007	2.918	3.715	2.747	2.020	3.488	3.441	3.118	2.005	2.683	3.603	3.664	3.117
2	2.691	2.952	3.184	2.753	2.531	2.541	2.843	3.590	2.889	5.094	3.646	3.085	3.218
3	1.322	1.693	1.725	1.350	2.555	2.541	2.211	2.985	1.580	0.846	2.261	2.122	1.933
4	2.864	2.464	1.683	2.885	0.679	2.884	3.555	3.048	3.301	1.298	3.075	3.172	2.576
5	1.320	0.976	0.474	0.225	2.198	0.000	0.838	1.341	0.461	1.697	0.667	1.052	0.937
6	4.212	5.697	3.235	2.800	1.970	2.894	3.304	3.144	3.533	1.846	2.587	3.560	3.232
7	3.639	2.660	3.045	2.890	2.662	2.271	1.304	2.547	2.626	2.829	2.846	3.563	2.737
8	0.179	0.412	0.000	0.594	0.033	0.281	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.182	0.140
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.485	0.844	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.111
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.720	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.060
11	0.000	1.512	0.764	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.190
12	1.564	0.000	0.619	0.000	0.000	1.535	1.726	0.352	0.000	0.000	0.388	0.000	0.515
13	3.367	4.297	3.619	2.630	3.448	2.994	3.762	2.882	3.928	3.459	3.382	3.619	3.449
14	4.007	3.386	2.713	3.299	3.625	3.837	3.550	2.908	2.407	1.937	2.291	3.387	3.112
15	2.731	3.142	2.894	2.014	1.732	2.772	2.787	2.414	3.129	3.141	2.474	1.680	2.576
16	1.733	1.942	1.956	2.514	2.701	1.901	1.115	2.550	2.361	0.710	1.939	2.547	1.766
17	2.575	0.000	2.159	1.545	2.491	2.022	2.241	0.587	2.523	2.587	1.756	2.002	1.874
18	0.159	0.132	0.360	0.221	0.500	0.253	0.000	0.680	0.494	0.000	0.000	0.514	0.276
Mean	1.620	1.892	1.757	1.569	1.589	1.801	1.771	1.716	1.740	1.563	1.716	1.909	1.401

성지수는 3.361이었다. 10월이 4.206으로 가장 높았으며 8월이 2.529로 가장 낮은 수치로 월별도는 큰 차이를 나타내주진 않지만 각 지역별로 보면 지점 1인 담양용면이 3.951로 가장 높게, 광주천인 지점 9, 10, 11은 0.311~0.494로 상하류간에 큰 차이로 나타났다.

월별지점별로는 2월 지점 6에서 5.697로 가장 높았으며 대부분 산간계류 혹은 영산강 상류수계인 지점 1, 2, 4, 6, 7, 13은 비교적 높게, 광주천과 영산강 하류는 6, 7월을 제외하고는 거의 0.000을 보였다. 이는 광주천인 지점 8, 9, 10, 11과 영산강 하류인 지점 12, 16, 18은 광주시나 나주시로 부터 유입되는 하폐수나 산업폐수의 영향으로 종 다양성지수의 산정에 큰 영향을 주는 회소종의 종수가 감소하고 반면 외부 환경요인에 내성이 있거나 특별히 적응할 수 있는 *Chironomus* sp.나 *Psychoda alternata*, *Protohermes grandis*, *Serratella rufa* 등의 우점종의 집중화가 일어났고 상류수계는 종의 풍부도 및 종의 균등성이 크고, 서식환경이 하류수역에 비해 변화가 적기 때문인 것으로 생각된다.

국내 다른 하천과 비교해 볼 때 (Kim *et al.* 1979, 1981, Wui 1983, Ra *et al.* 1986, Yoon *et al.* 1986) 영산강이 생활하수나 도시하수, 농업폐수, 산업폐수 등의 유입이 많음에도 종다양성이 전체적으로 비교적 높은 수치를 나타내는데, 이는 영산강 상류수계에 회소종인 하루살이류(Ephemeroptera)나 강도래류(Plecoptera)가 많았기 때문이며, 특히 강도래류(Plecoptera)가 24종으로 국내 어느 하천보다도 다양하여 오염하천이 큰 하천인데도 높은 다양성 지수를 나타낸 요인이라고 생각한다.

적 요

1988년 8월부터 1989년 7월까지 영산강 수계에 18개 지점을 선정하여 이 지역에 서식하는 수서곤충을 대상으로 수서곤충의 분포상, 종수 및 개체수의 월별변화, 현존생물량의 변화, 수리생태학적 근집분석을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

영산강 수계에 서식하는 수서곤충은 하루살이류(Ephemeroptera)가 44종, 날도래류(Trichoptera) 32종, 강도래류(Plecoptera) 24종, 파리류(Diptera) 21종, 딱정벌레류(Coleoptera) 16종, 잠자리류(Odonata) 6종, 뱀자리류(Megaroptera) 3종으로 총 7목 38과 82속 146종이었다.

월별 종수 및 개체수는 3월이, 7목 25과 50속 70종 2,477개체로 가장 많았으며 8월이 7목 12과 35속 44종 838개체로 가장 적었다.

각 목별 개체수 구성비율은 하루살이류가 6,173개체 /m² 38.71%로 가장 높았고 다음 파리류가 5,784개체 /m²로 36.9%, 강도래류 10.21%, 날도래류 6.8%, 딱정벌레류 2.96%, 뱀잠자리류 2.74%, 잠자리류 0.95%이었다.

현존생물량의 구성비율은 하루살이류가 139.51g /m² 32.81%로 가장 높고 강도래류가 1112.73 g /m² 26.51%, 날도래류 17.58, 뱀잠자리류 14.84%, 파리류 3.74%, 잠자리류 1.45%, 딱정벌레류 3.08% 순으로 하루살이류와 강도래류가 중요한 구성원이었으며 춘계가 가장 높고 하계가 가장 낮았다.

영산강 전 수계의 우점종은 *Serratella rufa*였으며 *Epeorus latifolium*, *E. curvatulus*, *Baetis* KU, *Taenionema* KU, *Oyamia coreana*, *Stenelmis* sp. SC, *Tanyptus* sp., *Chironomus* sp. 등이 대집단을 이루어 서식하고 있었다.

영산강 전 수계의 우점도 지수는 0.181~0.401의 범위로 낮았으나 광주천 수계는 0.710~0.938로 *Chironomus* sp. 등 내인종의 우점을 집중화가 나타났다.

영산강 전 수계의 종 다양성 지수(H')는 3.361이었으며 월별로는 10월이 4.206으로 가장 높았고, 8월이 2.529로 가장 낮았다. 지역적으로는 광주천 수계가 0.311~0.494로 가장 낮았다.

인용문헌

- Aw, S.J. 1986. The taxonomic study of Korean Plecoptera nymphs. M.S. Thesis, Korea Univ., pp.99.
- Bae, Y.J. 1985. The taxonomic study of Korean Ephemeroptera. M.S. Thesis, Korea Univ., pp.195
- Beck, W.m. 1977. Environmental requirements and pollution tolerance of common freshwater Chironomidae. EPA- 600 /4-77-024. Cincinnati ohio, U.S.A, pp261.
- Choi, K.C. and M.K. Lim. 1973. Aquatic insects in the Jo Jong River. Kor. J. Limno. 6: 37-40.
- Egloff, D.A and W.H. Brakel. 1973. Stream pollution and a simplified diversity index. J. WPCF. 45: 2269-2275.
- Harper, P.P. and H.B.N Hynes. 1971a. The Leuctridae of eastern Canada(Insecta: Plecoptera). Can. J. Zool. 49: 915-920.
- Harper, P.P. and H.B.N Hynes. 1971b. The Capniidae of eastern Canada. Can. J. Zool. 49:921-940.
- Harper, P.P. and H.B.N Hynes. 1971c. The nymphs of the Taeniopterygidae of eastern Canada. Can. J. Zool. 49: 941-947.
- Hawkes, H.A. 1977. River zonation and classification, River Ecology. Ed. B.A. Whitton, pp. 312-374.
- Hawkes, H.A. and L.J. Davies. 1970. Some effects of organic enrichment of benthic invertebrate communities in riffles. Blackwell Oxford., pp. 271-293.
- Hubbard, M.D. and W.L. Peters and pollution tolerance of ephemeroptera. EPA-600 /4-78-061. Cincinnati Ohio, U.S.A. pp. 461.
- Hynes, H.B.N. 1976. Biology of Plecoptera. Ann. Rev. Entomol. 21:135-153.
- Kawai, T. 1985. An illustrated book of aquatic insects of Japan. Donghae Univ. Press, pp. 409.
- Kim, C.H., I.B. Yoon and C.K. Lee. 1979. A study of the biological estimation of water pollution levels by the diversity of aquatic insects in Han River. KACN. ser. 1:257-267.
- Kim, J.W. 1968. Standing crops of the aquatic insects communities in the River Kwangnung in Kyungki-Do, Korea. Kor. J.Limno. 1:51-54.
- Mc'naughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of California Glassland. J. Nature. sci. 216: 168-169.
- Nelson, C.H. 1982. Notes on the life histories of Taeniopterygidae. J. Tenness Acad. sci. 57: 9-15.
- Odum, E.P. 1972. Basic Ecology. Saunders College Pub., pp. 613.

- Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of species diversity. Amer. Nat., 100:463-465.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological diversity. John Wiley and Sons Pub., pp. 89-153.
- Pielou, E.C. 1975. Mathematic Ecology. John Wiley and Sons Pub., pp. 363.
- Ra, C.H. 1981. An ecological study on the aquatic insects of upper streams in Yeongsan River System 2. J. Natur. Sci. Chonnam Nat'l Univ. 12: 1-15.
- Ra, C.H and C. G. Choi. 1976. An ecological study on the aquatic insects of upper streams in Yeongsan River System. (1). J. Mar. Biol. Chonnam Nat'l Univ. 2: 1-12.
- Ra, C.H., C.G. Choi and S.K. Baik. 1986. Studies on the tolerance and sensitivity of Korea aquatic insects to the environmental pollutants. Kor. J. Limnol. 19: 109-125.
- Ra, C.H. and Y.G. Cho. 1986. Ecological studies on the aquatic insects in the Kwang'yang Stream. Kor. J. Limnol. 19: 29-49.
- Ra, C.H. 1987. Taxonomic and ecological studies of plecoptera nymphs in the somjin, Yongsan and Tamjin River System. ph.D. Thesis. Chonbuk Univ., pp. 109.
- Ra, C.H., S.K. Baik and Y.G. Cho. 1991. Seasonal variation of aquatic insects community in main valley of Mt. Mudung. Kor. J. Limno. 24: 1-10.
- Ra, C.H., I.S. Wui., J.B. Lee., Y.G. Cho and J.S. Kim. 1992. Feeding habits of 4 Sublupalpian stoneflies. Kor. J. Limno. 25: 63-71.
- Schuster, G.A. and D.J. Klenn. 1978. A manual for the identification of the larvae of the caddisfly. EPA 600/4-78-060. Cincinnati Ohio, U.S.A. pp. 363.
- Stark, B.P. 1987. Records and descriptions of oriental Neoperlino. Aqua. Ins. 9: 45-50.
- Surber, F.W. 1937. Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of Stream. Trans. Amer. Fish. Soc. pp. 66.
- Wui, I.S. C.H. Ra and C.G. Choi. 1974. Standing crops of aquatic insects in upper stream of Yeong-San River. Kor. J. Limno. 7: 37-44
- Wui, I.S. C.H. Ra, C.G. Choi and S.K. Baik. 1983. Studies on the aquatic insects of the Tamjin River. Kor. J. Limno. 16:33-52.
- Yoon, I.B. 1979. A study on the community of aquatic insects in Han River. Ph. D. Thesis. Korea Univ., pp. 63.
- Yoon, I.B. and J.K. Lee. 1978. On the aquatic insect fauna from Golji and Imgye Stream and Jeoncheon River in Kang-Weon Province. KACN 13:163-171.
- Yoon, I.B., D.S. Kim and J.U. Byun. 1981. A study on the aquatic insect community in the upper stream of Nakdong River. Kor.J. Limno. 14: 27-47.
- Yoon, I.B. and J.U. Byun. 1982. A study on the bio-community structure of the watershed of Piagol Valley in Mt. Chiri. KACN 21: 143-151.
- Yoon, I.B. and S.J. Aw. 1985. A taxonomic study on the stonefly(Plecoptera) nymphs of Korea(I). -Suborder Holognatha and Systellognatha- Ent. Res. Bull. Kor. Univ. 11: 111-139.
- Zwick, P. 1989. Addition to the knowledge of genus *Chinoperla*. Aqua. Insec. 10: 201-203.

(1993년 5월 29일 접수)

Appendix The list of aquatic insects collected in Yongsan River System.

Taxa	Site number
Order Ephemeroptera	
Family Siphonuridae	
1. <i>Siphonurus chankae</i> Tahemova	:6, 7
2. <i>Ameletus montanus</i> Imanishi	:1, 2
Family Isonychiidae	
3. <i>Isonychia japonica</i> Ulmer	:2, 3, 5, 6, 7, 13
Family Heptageniidae	
4. <i>Bleptus fasciatus</i> Eaton	:1, 4, 6, 7, 13
5. <i>Epeorus hiemalis</i> Imanishi	:1, 13
6. <i>E. latifolium</i> Ueno	:1, 2, 4, 6, 7, 13
7. <i>E. napaus</i> Imanishi	:1, 2, 6, 7, 13
8. <i>E. curvatulus</i> Matsumura	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 17
9. <i>E. aesculus</i> Imanishi	:1, 2, 13, 14, 15
10. <i>Rhitrogena japonica</i> Ueno	:1, 4
11. <i>R. sp. na</i>	:1
12. <i>Cinygmula</i> KUa	:1, 2, 13, 14
13. <i>Ecdyonurus yoshidae</i> Takahashi	:1, 3, 5, 6, 13, 14, 15
14. <i>E. kibunensis</i> Imanishi	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 15
15. <i>Heptagenia kihada</i> Matsumura	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 15
16. <i>H. kyotoensis</i> Gose	:1, 2, 6, 13
Family Baetidae	
17. <i>Cloeon dipterum</i> Linnaeus	:8, 9, 12
18. <i>Pseudocloeon japonica</i> Imanishi	:1, 2, 3, 4, 13, 14
19. <i>Baetis sp.</i> KUa	:6, 7, 8, 13
20. <i>B. sp.</i> KUb	:1, 2, 3, 4, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
21. <i>B. sp.</i> KUc	:2, 3, 5, 6, 8, 15, 17
22. <i>B. sp.</i> KUd	:1, 2, 3, 4, 5, 7, 14, 15, 17
Family Leptophlebiid	
23. <i>Paraleptophlebia Chocorata</i>	:2, 6
24. <i>P. westoni</i> Imanishi	:1, 2, 4, 5, 6, 13
25. <i>Choroterpes trifurcata</i> Ueno	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Family Ephemerellidae	
26. <i>Drunella aculea</i> Allen	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 13, 14, 15, 16
27. <i>D. cryptomeria</i> Imanishi	:1, 2, 3, 5, 6, 7, 13, 14
28. <i>Cincticostella castanea</i> Allen	:2, 4, 14, 15
29. <i>C. okumai</i> Gose	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14
30. <i>C. tshernovae</i> Bajkova	:5, 6, 13, 14
31. <i>C. orientalis</i> Tshermova	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14, 16, 17
32. <i>Acerella longicaudata</i> Ueno	:2, 3, 4, 13, 14, 15
33. <i>Ephemerella taeniata</i> Tshermova	:4, 14
34. <i>E. sp. nba</i>	:1, 3, 4, 13
35. <i>Serratella setigera</i> Bajkova	:2, 3
36. <i>S. rufa</i> Imanishi	:2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Family Caenidae	
37. <i>Caenis sp.</i> KUa	:3, 4, 12, 14, 16, 17
38. <i>C. sp.</i>	:1, 2, 3, 13, 17

Appendix Continued.

Taxa	Site number
Family Potamanthidae	
39. <i>Potamanthodes Kamonis</i> Imanishi	:3, 13, 14, 15, 16
40. <i>Potamnthus</i> sp. nb	:3, 4, 5, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18
Family Ephemeridae	
41. <i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	:3, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18
42. <i>E. japonica</i> McLachlan	:1, 4, 6, 7, 13, 14, 15
43. <i>E. strigata</i> Eaton	:2, 4, 6, 13
Family Polymitarcidae	
44. <i>Polymitarcis shigae</i> Takahashi	:4, 16
Order Odonata	
Family Calopterygidae	
45. <i>Calopteryx cornelia</i> Selys	:1, 4
Family Gomphidae	
46. <i>Sieboldius albardae</i> Seys	:1, 4, 14
47. <i>Nihonogomphus viridis</i> Oguma	:13, 14, 15
48. <i>Onychog. viridicostus</i> Oguma	:1, 3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 18
49. <i>Davidius fujiana</i> Fraser	:2
50. <i>D. moiwanus</i> Okumura	:3
Order Plecoptera	
Family Taeniopterigidae	
51. <i>Taenionema</i> KUa	:1, 2, 6, 7, 13
52. <i>T.</i> CUa	:1, 2, 6, 7
Family Nemouridae	
53. <i>Amphinemura coreana</i> Zwick	:1, 2, 4, 6, 7, 13
54. <i>A.</i> KUa	:2, 6
Family Capniidae	
55. <i>Capnia japonica</i> Okamoto	:1, 2, 13
56. <i>C.</i> KUa	:1, 2, 13
57. <i>Allocapnia granurata</i> Classen	:1, 2, 6, 13
58. <i>Eucafnopsis</i> KUa	:2, 13
Family Peltoperlidae	
59. <i>Yoraperla</i> KUa	:6
Family Pteronarcidae	
60. <i>Pteronarcys sacchalina</i> Klapalek	:1, 2, 6
Family Perlodidae	
61. <i>Archynopteryx</i> KUa	:1, 2, 6, 7, 13
62. <i>Diploperla</i> KUa	:1, 2
63. <i>Isoperla</i> KUa	:1, 2, 6, 7, 13
64. <i>I.</i> CUa	:1, 2, 6, 7, 13
Family Perlidae	
65. <i>Oyamia coreana</i> Okamoto	:1, 2, 4, 6, 7, 13
66. <i>O.</i> CUa	:1, 2, 7, 13
67. <i>O.</i> CUb	:1, 2
68. <i>Paragnetina flavotincta</i> (McLachlan)	:1, 2, 4, 6, 7, 13
69. <i>Neoperla quadrata</i> Wu and Classon	:1, 2, 6, 13
70. <i>Kamimuria</i> KUa	:1
71. <i>Atopera</i> CUa	:1
72. <i>Acroneuria</i> CUa	:1

Appendix Continued.

Taxa	Site number
Family Chloroperidae	
73. <i>Sweltsa nikkoensis</i> (Okamoto)	:2, 13
74. <i>Haplopera</i> CUa	:13
Order Megaloptera	
Family Corydalidae	
75. <i>Protohermes grandis</i> Tunberg	:1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
76. <i>Parachaulides japonicus</i> McLachlan	:3, 4, 5, 7, 13, 14, 15, 16, 17, 18
77. <i>P.contientalis</i> V. D. Weele	:1, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 17
Order Trichoptera	
Family Stenopsychidae	
78. <i>Stenopsyche marmorata</i> Navas	:2, 6, 13
Family Psychomyiidae	
79. <i>Psychomyia</i> sp.	:2
Family Polycentropodidae	
80. <i>Plectronemia</i> sp. PA	:1
81. <i>P.</i> sp.	:1, 2
82. <i>Cheumatopsyche brevilineata</i> Iwata	:1, 2, 3, 6, 13, 14, 15, 16
83. <i>C. echigoensis</i> Tsuda	:1, 2, 14, 15, 16
84. <i>Hydropsyche</i> Nakahari	:Tsuda
85. <i>H.gifuana</i> Ulmer	:1, 2, 3, 6, 13, 14, 15
86. <i>H.orientalis</i> Martynov	:1, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 17
87. <i>H.</i> sp. HA	:1, 4, 13, 14
88. <i>H.</i> sp. HB	:2, 4, 5, 11, 13, 14, 15
89. <i>H.</i> sp. HC	:1, 2, 4, 6, 7, 13
90. <i>H.</i> sp. KA	:3
91. <i>H.</i> sp. KC	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 13, 14, 15, 16, 17
92. <i>H.</i> sp. KE	:1, 2, 3, 4, 13, 14, 15
93. <i>Diplectromia</i> sp. DA	:6
94. <i>D.</i> sp. DB	:4, 14
95. <i>Macronema radiatum</i> McLachlan	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13
96. <i>Arctopsyche</i> sp. AA	:1
Family Rhyacophilidae	
97. <i>Rhyacophila</i> sp. RA	:1, 2, 6, 7, 13, 14
98. <i>R.</i> sp. RB	:1, 2, 6
99. <i>R.</i> sp. RC	:2, 6, 7, 13
100. <i>R.</i> sp. RD	:1, 3, 4, 6, 13, 14
101. <i>R.</i> sp. RE	:2
102. <i>R. nigrocephala</i> Iwata	:1, 2, 3, 4, 6, 7, 13, 14
Family Phryganeidae	
103. <i>Newromia</i> sp.	:1, 12
Family Limnephilidae	
104. <i>Astenophylax grammicus</i> McLachlan	:7
105. <i>A.</i> sp.	:2
Family Lepidostomatidae	
106. <i>Neoservernia carsicornis</i> Ulmer	:2
107. <i>N.</i> sp.	:2, 13

Appendix Continued.

Taxa	Site number
Family Glossosomatidae	
108. <i>Mystrophora inops</i> Tsuda	:2
Family Sericostomatidae	
109. <i>Gumaga okinawaensis</i> Tsuda	:7
Order Coleoptera	
Family Dryophidae	
110. <i>Dryophyla</i> sp. HB	:13
111. <i>Aqualium paludum</i>	:14
Family Psephenidae	
112. <i>Psephenoides japonicus</i> Masuda	:1, 4, 13, 14
113. <i>Mataeopsephenus japonicus</i> Matsumura	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 13, 14, 15, 16, 17
114. <i>Eubrianax pellucidus</i> Lewis	:6, 7, 13
115. <i>E. granicolis</i> Lewis	:1, 2, 3, 5, 7, 13, 14, 15
116. <i>E. ramicornis</i> Kiesenwetter	:1
Family Elmidae	
117. <i>Elmis</i> sp. EA	:6
118. <i>E.</i> sp. EC	:3, 15, 16
119. <i>E.</i> sp. ED	:1
120. <i>E.</i> sp. EE	:1
121. <i>E.</i> sp. EF	:1, 14, 15, 16
122. <i>Stenelmis</i> sp. SA	:15
123. <i>S.</i> sp. SB	:4, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18
124. <i>S.</i> sp. SC	:1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18
125. <i>S.</i> sp. EC	:11
Order Diptera	
Family Tipulidae	
126. <i>Tipula</i> sp. TA	:1, 2, 6, 13, 14
127. <i>T.</i> sp. TB	:1, 6, 7, 13
128. <i>T.</i> sp. TC	:1, 2, 4
129. <i>Antocha</i> sp. AA	:1, 2, 6, 7, 13, 14
130. <i>A.</i> sp. AB	:1, 2, 6, 14
131. <i>A.</i> sp. AC	:1, 2, 6, 13
132. <i>Eriocera</i> sp. EA	:2, 6, 7
133. <i>E.</i> sp. EB	:1, 2, 3, 13
134. <i>E.</i> sp. EC	:1
Family Simuliidae	
135. <i>Simulium japonicum</i> Matsumura	:1, 2, 3, 4, 6, 13
136. <i>S.</i> sp.	:4, 5
Family Chironomidae	
137. <i>Tanypus</i> sp.	:1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18
138. <i>Pentaneura</i> sp.	:2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 16, 17, 18
139. <i>Tanytarsus</i> sp.	:3, 4, 5, 7, 8, 13, 16, 18
140. <i>Tendipes</i> sp.	:3, 4, 5, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 18
141. <i>Cryptochironomus</i> sp.	:1, 3, 4, 5, 8, 9, 12, 14, 15, 16
142. <i>Chironomus</i> sp.	:1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18
Family Rhagionidae	
143. <i>Atherix morimotoi</i> Nagatomi	:3
144. <i>A. japonicus</i> Nagatomi	:7, 13, 14
145. <i>A. kodamar</i> Nagatomi	:7, 13, 14
Family Psychodidae	
146. <i>Psychoda alternata</i>	:8, 9, 10, 11, 12, 18