

원주천 수서곤충의 섭식기능군을 이용한 군집분석^{1a}

신현선² · 박승철² · 김재구³ · 김숙정⁴ · 박정호⁵ · 최재석⁵ · 최준길^{2*}

Community Analysis based on Functional Feeding Groups of Aquatic Insects in Wonju Stream^{1a}

Hyun-Seon Shin², Seung-Chul Park², Jai-Ku Kim³, Sook-Jung Kim⁴,
Jung-Ho Park⁵, Jae-Seok Choi⁵, Jun-Kil Choi^{2*}

요 약

2004년 5월 29일부터 2004년 11월 6일까지 4회에 걸쳐 원주천의 섭식기능군을 이용해 군집분석을 하였다. 조사기간 동안 출현한 수서곤충은 총 8목 37과 62속 92종이었으며, 원주천의 현존량과 동태는 지점 7, 9를 제외하고 양호하였다. 원주천의 섭식기능군(FFG)을 알아본 결과 본류는 지점 1에서 9로 갈수록 썩는무리(shredders)와 긁어먹는무리(scrapers)가 점차적으로 점유율이 낮아지고 주워먹는무리(collectors-gathering)와 걸러먹는무리(collectors-filtering)가 현저하게 증가하였다. 지점 2는 다른 지류지점에 비해 긁어먹는무리와 썩는무리가 다소 높은 비율을 나타내어 산간계류의 특성을 가지고 있었다. 원주천의 각 지점별 유사도분석(UPGMA)을 한 결과 최상류수역을 보이는 지점 1, 2와 중류역의 특성을 보이는 지점 3, 4, 5, 6, 7, 8 그리고 최하류역으로 보이는 지점 9 등, 3개의 그룹으로 나뉘었다.

주요어 : 유사도분석, 본류지점, 지류지점

ABSTRACT

Community analysis based on functional feeding groups of aquatic insects in Wonju stream was assessed with the composition of aquatic insects collected for four times at the area from May to November, 2004.

The total 92 species of aquatic insects in 62 genera, 37 families, and 8 orders were collected during the period of the investigation.

The distribution of the numbers and movements of aquatic insects proved the Wonju stream to be healthy except for St. 7 and St. 9. In the main streams, the occupancy ratio of shredders and scrapers of the functional feeding groups (FFGs) gradually decreased from St. 1 to St. 9, while collectors-gathering and collectors-filtering remarkably increased. In St. 2, the shredders

1 접수 2월 10일 Received on Feb. 10, 2006

2 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Science Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea

3 강원대학교 환경과학과 Dept. of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea

4 경북전문대학교 보건행정과 Dept. of Health Administration, Kyungbuk College, Yeongju, 750-712, Korea

5 강원대학교 생물학과 Dept. of Biology, Kangwon National Univ., Chuncheon, 200-701, Korea

a 이 논문은 2002년도 상지대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* 교신저자, Corresponding author(jkilchoi@sangji.ac.kr)

and scrapers posted a higher ratio compared to those in tributaries, and it had the quality of mountain streams.

With the results of analysis on the similarity matrix(UPGMA) between each sites of Wonju stream, St. 1, 2, St. 3-8 and St. 9 were classified as the upper stream, the middle stream, and the lower stream area, respectively.

KEY WORD : SIMILARITY MATRIX, MAIN STREM, BRANCH STREAM

서론

하천생태계의 환경변화는 궁극적으로 그 서식처에 생존하는 생물상에 변화를 초래하기 때문에 생물군집에 대한 시공간적 분석은 환경변화의 영향을 감지할 수 있는 주요 척도가 되고 있다. 생물군집은 자연적 환경교란 (Power *et al.*, 1988; Resh *et al.*, 1988)뿐만 아니라 공해를 포함한 인위적 변화에 대해서도 종특이성을 나타내기 때문에 환경을 평가하는데 적절히 이용될 수 있다. 이에 많은 연구가 환경교란을 평가하는데 저서성 대형무척추동물이 좋은 지표생물임을 보고 하였다(Minshall and Peterson, 1985; Hellowell, 1986). 그 중 수서곤충류는 환경변화에 민감하고, 하천의 특성에 따른 독특한 군집구조와 비교적 뚜렷한 내성범위를 가지고 있어서 수서생태계의 환경을 평가하는 지표생물로서 매우 효과적으로 이용되고 있다(Hynes, 1960; Wiederholm, 1984; 배연재 등, 2003). 수서곤충의 기능적 군집특성에 관한 연구는 하천 생태 연구에 주요 대상이 되어 왔으며, 지난 수십 년간 선진 외국, 특히 북미에서 이루어진 이 분야의 연구는 괄목할 만하다(Cummins, 1973; Cummins and Klug, 1979; Resh and Rosenberg, 1984; Ward, 1992; Williams and Feltnate, 1992; Rosenberg and Resh, 1993; Merritt and Cummins, 1996; 배연재 등, 2003). 그러나 국내 생태계 모니터링 조사 결과를 분석해 보면 조사 시 채집거리, 소요시간, 채집도구 등으로부터 발생하는 정량화의 문제와 더불어 유역의 특성, 하천차수(stream order)와 같은 통합적인 시각의 생태학적 고려가 부족한 측면이 있다(안광국 등, 2003).

최근 우리나라는 괄목할 만한 경제성장으로 물질적인 여유와 함께 환경에 대한 관심이 지속적으로 높아지고 있으며, 특히 오염된 도시하천에 대한 환경복원이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 서식생물의 생태적 특성을 적극적으로 고려하지 않은 공학적 측면과 경관적 측면만이 강조된 하천을 조성함으로써(최계석과 김재구, 2004), 각종 동식물 군집의 안정적 유지 및 다양성 증진을 위한 진정한 의미의 생태학적 복원과는 상당한 거리

감이 있는 것이 현실이다.

본 연구의 조사대상하천인 원주천은 하천의 상류에서 하류까지 약 40여개의 보가 설치되어 유기물의 축적에 따른 하상구조의 변화로써 하천의 기능이 상실되고 수질오염이 가속화되고 있다. 원주천의 주요 오염원은 인근 도심유역으로부터 유입되는 생활하수, 산업폐수, 하수처리장 방류수 등 주로 점오염원이 하천의 수질을 악화시키고 있으며, 환경부의 주산교 수질측정망자료에 의하면 원주천 최하류인 주산교는 하천수질 기준 IV 등급이 적용되고 있어 매우 오염된 하천으로 나타났다. 하천의 파괴와 수질오염의 가속화는 원주천에 서식하는 생물상에 직접 혹은 간접적인 영향을 줄 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 저서성대형무척추동물인 수서곤충을 대상으로 섬식기능군 및 군집분석을 통하여 원주천의 현 상황을 파악하고 나아가 하천생태계 복원 및 회복 그리고 다른 연구에 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황 및 조사기간

본 연구의 조사수역인 원주천은 강원도 원주시 판부면 소재의 치악산과 백운계곡에서 발원하여 영랑천, 홍양천, 단계천, 화천, 신천 등 소하천이 합류된 후, 원주시 호저면 옥산리에서 섬강으로 유입되는 유로연장 24.8 km, 유역면적 154.15km²의 도시하천이다. 조사지점은 원주천 최상류인 판부면 금대리에서 하류인 호저면 주산리까지 총 9개 지점을 선정하여 조사하였다. 각 지점의 하천차수는 1/25,000 지도를 기준으로 나타냈으며, 행정구역은 다음과 같다(Figure 1).

수서곤충의 조사는 2004년 5월부터 2004년 11월까지 총 4회에 걸쳐 실시하였으며 세부 일정은 다음과 같다.

지점 1	강원도 원주시 판부면 금대리 금대계곡	(3차 하천)
지점 2	강원도 원주시 판부면 금대리 가리파재	(3차 하천)
지점 3	강원도 원주시 판부면 금대리 금대교	(4차 하천)
지점 4	강원도 원주시 관설동 울미둑 하방	(3차 하천)
지점 5	강원도 원주시 관설동	(4차 하천)
지점 6	강원도 원주시 봉산동 삼광택지	(3차 하천)
지점 7	강원도 원주시 봉산동 봉평교	(5차 하천)
지점 8	강원도 원주시 태장동	(3차 하천)
지점 9	강원도 원주시 호저면 주산리	(5차 하천)

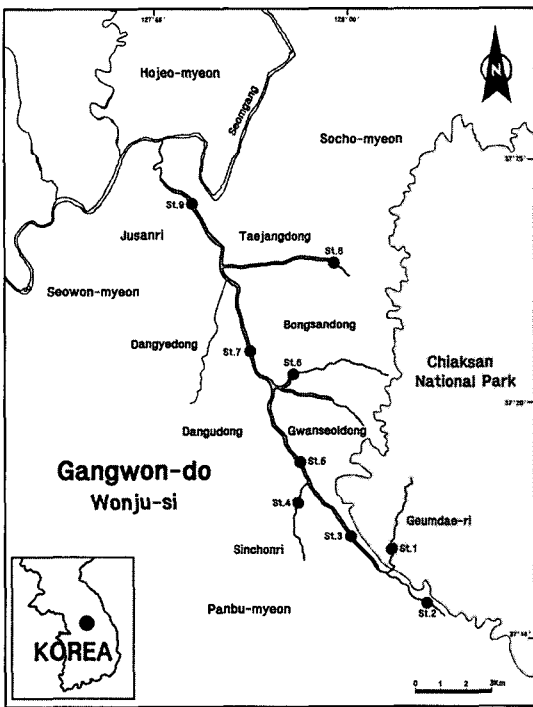


Figure 1. Map showing the studied area

- 1차조사 : 2004년 5월 29일~5월 30일
- 2차조사 : 2004년 7월 9일~7월 10일
- 3차조사 : 2004년 9월 1일~9월 2일
- 4차조사 : 2004년 11월 6일~11월 7일

2. 조사방법 및 내용

수서곤충의 정량채집은 surber net(30 × 30cm² mesh size 200 μ m)를 이용하여 급류대(riffle)에서 1회, 채수대(pool) 또는 완류대(run)에서 1회, 즉 지점당 2회(총 Suber sampling)를 실시하였다. 그 외에 정성채집을 목적으로 Modified D-frame dip net(mesh size 200 μ m)을

이용하여 다양한 미소서식처에서 지점당 2회 실시하였으며, 조사지역의 특성에 따라 다양한 서식처에서 채집한 것을 정량 및 정성자료로 수서곤충상을 파악하였다. 수서곤충의 군집 분석은 정량채집의 자료만을 이용하였다. 하상구조는 50cm × 50cm 방형구를 사용하여 무작위적으로 10개의 지소를 선정·측정하였으며 Cummins (1962) 방법에 따라 돌의 크기를 분류하였다. 섭식기능군의 분류 및 분석은 기존의 문헌(川合, 1985; 윤일병, 1988; 1995; 윤일병 등, 1992a; 1992b)을 사용하였으며, 섭식기능군의 조성비교는 하천차수(Stream order)에 의해 분석하였다. 출현종을 근거로 한 지점간의 유사도는 Jaccard(1908)의 유사도지수를 이용하였고 유사도지수를 기준으로 각 지점간의 거리를 비가중치평균연결법(Unweighted Paired Group Method using Arithmetic average; UPGMA)으로 집계분석하였다(NTSYS-pc ver 2.01).

결과 및 고찰

1. 하상구조와 수환경

본 조사지역의 물리적 하상구조를 알아본 결과는 Table 1과 같다. 치악산 국립공원 내에 위치하고 있는 본류인 St. 1은 큰 돌(암반)로 이루어져 있는 전형적인 산간계류의 특징을 나타내고 있었으며, 유량도 풍부한 것으로 조사되었다. 수심은 0.20~0.80m이며, 유속은 0.60~1.10m/sec로서 비교적 빠른 것으로 확인되었다. 반면, St. 3, 5, 7은 인공제방과 하상정비로 하천의 직강화가 이루어진 구간으로 하상구조는 주로 자갈과 모래로 구성되어 있었으며, 수폭은 20.0m 이상이었다. 수심은 0.40~0.80m로서 유속은 0.10~0.60m/sec 정도이며, 곳곳에 부유성 유기물로 인해 심한 악취가 발생하였다. 원주천 최하류인 St. 9는 하상이 주로 자갈과 모래로 이루어진 전형적인 하류역의 특성을 나타내었다. 유폭은 40.0m 이상으로서 유속은 0.05~0.20m/sec 정도이며,

Table 1. Habitat condition and general characteristics of 9 sampling sites, May 29, 2004

Sampling sites	Water width(m)	Water depth(m)	Water current(m/sec)	Substrate *B:C:P:G:S	
Main stream	St. 1	10.0~15.0	0.20~0.80	0.60~1.10	B:C:P = 5:3:2
	St. 3	20.0~25.0	0.40~0.70	0.30~0.50	C:P:G:S = 3:4:2:1
	St. 5	20.0~23.0	0.40~0.80	0.10~0.60	C:P:G:S = 2:4:3:1
	St. 7	25.0~30.0	0.30~0.60	0.09~0.30	C:P:G:S = 1:4:3:2
	St. 9	40.0~45.0	0.50~1.60	0.05~0.20	C:P:G:S = 1:1:3:5
Tributary	St. 2	7.0~10.0	0.20~0.50	0.70~1.20	B:C:P = 6:3:1
	St. 4	6.0~10.0	0.30~0.50	0.20~0.60	C:P:G:S = 4:3:2:1
	St. 6	7.0~13.0	0.20~0.50	0.10~0.30	C:P:G:S = 1:2:5:2
	St. 8	10.0~15.0	0.20~0.70	0.10~0.30	C:P:G:S = 1:2:5:2

* B: Boulder(>256mm), C: Cobble(64~256mm), P: Pebble(16~64mm), G: Gravel(2~16mm), S: Sand(0.1~2mm), By Cummins(1962)

농경지와 산지를 통과하여 섬강으로 합류된다. 지류인 St. 2는 치악산 국립공원과 인접한 소규모 하천으로 분류인 St. 1과 유사하게 산간계류의 특징을 가지고 있으며, 유량이 풍부한 것으로 조사되었다. 하상은 대부분 큰 돌(암반)로 이루어져 있으며, 수심은 0.20~0.50m이고 유속은 0.70~1.20m/sec로 나타났다. 반면, St. 4, 6, 8의 하상은 작은 돌과 자갈 등으로 이루어져 있었다. 수심은 0.20~0.70m이며, 유속은 0.10~0.60m/sec의 범위로 조사되었다. 이와 같이 원주천은 상류지역이 하류지역에 비해 유속이 빠르고 수심이 깊지 않은 전형적인 하천의 흐름을 보여주고 있었으나, 하류지역으로 갈수록 도시화에 의한 각종 토목공사(하상 및 제방 정비, 보의 설치 등)로 인해 하상에 작은 돌과 모래가 퇴적되면서 하천 고유의 특성을 상실한 곳이 상당부분 목격되었다. 또한 현재와 같은 수환경이 지속될 경우 생활하수 및 각종 산업폐수 등의 유입과 함께 일부 환경이 변형된 즉 유수역이 아닌 정체 수역에서는 유기물 오염이 가중되어 수생태계의 심각한 교란을 초래할 것으로 판단된다.

2. 분류군

본 조사기간 동안 원주천에 위치한 9개 지점을 통해 출현한 수서곤충은 총 8목 37과 62속 92종으로서 전체 수서곤충의 분류군별 조성을 살펴보면 하루살이목이 9과 16속 29종으로 전체 분류군의 31.52%를 차지하였다. 다음으로 날도래목 11과 16속 23종으로 25%, 파리목이 6과 9속 17종으로 18.48%, 잠자리목이 6과 11속 13종으로 14.13%, 강도래목이 2과 4속 4종으로 4.35%, 노린재목이 2과 3속 3종으로 3.26%, 뱀잠자리목이 1과 2속 2종으로 2.17%, 딱정벌레목이 1과 1속 1종으로 1.09%의 순으로 출현하였다. 하루살이-강도래-날도래군(EPT

group)이 전체의 약 2/3에 해당하는 60.87%를 차지하고 있음을 확인할 수 있었다(Figure 2). 이러한 수서곤충 분류군의 조성비는 국내 하천의 일반적인 양상이라 할 수 있으며, 박정호와 조구승(1995), 배연재 등(2003)의 결과와 유사한 결과를 보였다. 그러나 수서곤충의 조사시기에 3월이 포함되었더라면 더욱 충실한 자료를 얻을 수 있었을 것으로 판단된다. 한편 개체수 현존량을 살펴보면, 총 15,022개체가 채집되었다. 그 중 파리목이 10,913개체(72.65%)로 가장 많았으며 다음은 하루살이목 1,777개체(11.83%), 날도래목 1,839개체(12.24%), 잠자리목 240개체(1.60%), 노린재목 178개체(1.18%), 강도래목 61개체(0.41%), 딱정벌레목 8개체(0.05%) 그리고 뱀잠자리목 각각 6개체(0.04%)의 순으로 나타났다.

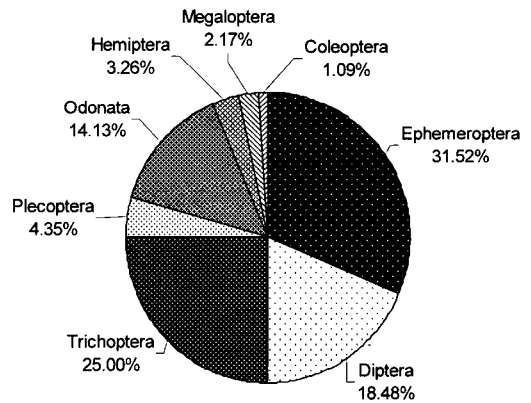


Figure 2. Accumulated species number of aquatic insects in Wonju stream

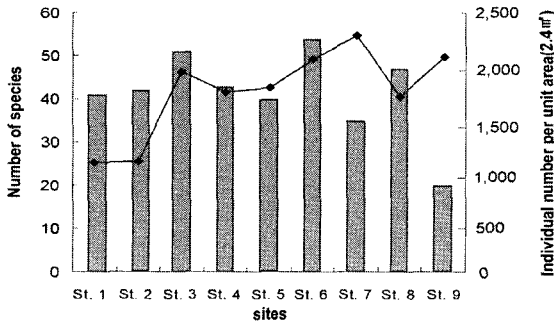


Figure 3. Comparison of number of species and individual unit area in 9 sites of Wonju stream

이와 같이 오염에 대한 내성의 범위가 넓은 파리목의 출현율이 아주 높게 나타났는데 이는 본 지역이 물리적 서식지 변화 및 생활하수, 공장폐수 등과 같은 유기물이 많은 수체가 다량 유입되었기 때문인 것을 생각된다.

각 지점에서 출현한 종 및 개체수의 현존량과 공간적 변동량을 알아본 결과는 다음과 같다(Figure 3). 본류 지점 중 St. 1은 청수역에 서식하는 강도래류의 출현으로 건강한 수역으로 판단되며, St. 3에서부터 최하류인 St. 9까지는 중수는 감소하였으나, 개체수는 높아지는 양상을 볼 수 있었다. 이는 St. 5에서부터는 인공구조물과 하수유입으로 유기물 오염의 내성종인 일부 파리류와 줄날도래류의 개체수가 증가하여 인위적인 교란을 받는 것으로 판단된다. 특히 St. 7과 St. 9에서는 다른 지점에 비해 낮은 중구성에도 불구하고 많은 개체수를 나타냈는데(Figure 3) 이는 인구부하 및 인구밀집에 따른 하천의 물리적 서식지의 변화와 더불어 대량의 오수유입과 하수종말처리장에서 발생하는 하수의 유입으로 인하여 일부 오염종인 파리류의 과밀번식 때문인 것으로 생각된다. 또한 지류 중 St. 2는 다른 지점의 출현중수에 비해 낮은 개체수를 보여 각 지류 지점 중 가장 건강한 생물상을 보였으며, St. 4, 6, 8은 개체수 현존량과 공간적인 변동량이 거의 유사하였다.

3. 섭식기능군

Vannote *et al.*(1980)에 의해 제시된 하천연속성의 개념(RCC)을 원주천 본류 및 지류구간에 적용하여 하천 차수(Stream Order)에 따른 저서성대형무척추동물의 섭식기능군별 특성을 파악하여 비교하였으며, 본류와 지류로 나누어 이해를 돕고자 하였다.

원주천의 5개 본류지점(St. 1, 3, 5, 7, 9)은 하천차수가

3-5차에 속하며, 이는 하천 연속성의 개념을 적용할 경우 중상류성 하천으로 분류된다. 본류 5개 지점을 대상으로 수서곤충의 섭식기능군별(FFG) 분포현황을 조사한 결과 원주천 본류는 상류인 St. 1에서 하류역인 St. 9로 내려갈수록 썩는무리(shredder)와 긁어먹는무리(scraper)가 점차적으로 낮은 점유율을 나타냈다. 썩는무리는 산간계류에 해당하는 St. 1에서 상대적으로 높았으며 긁어먹는무리는 St. 1과 3에서 상대적으로 높은 점유율을 차지하였고 St. 7에서부터 하류역인 St. 9까지 다소 급격히 줄어드는 현상을 볼 수 있었다(Figure 4).

이는 한국 하천의 경우 발원지 하천을 포함한 상류유역의 하천을 제외하고는 하천이 연중 햇빛에 거의 개방된 상태여서 높은 1차생산력을 나타내기 때문에 긁어먹는 무리의 점유율은 비교적 일정하게 나타난다고 할 수 있다. 주워먹는무리(collector-gathering)와 걸러먹는무리(collector-filtering)는 St. 1에서 하류역인 St. 9로 갈수록 점차 늘어나는 현상을 보였다(Figure 4). 그 중 걸러먹는무리는 하류로 갈수록 현저히 증가하였다. 이는 하천 하류에서는 일반적으로 미세입자유기물질(Fine Particulate Organic Matter: FPOM)이 증가하기 때문으로 판단된다(Allan, 1995). 또한 잡아먹는무리(predators)는 상류수역에서 하류수역으로 일정한 비율을 점유하는 특징을 보였다.

수서곤충 섭식기능군의 차이와 변화 과정은 하천연속성의 개념에서 핵심적인 내용으로서 이는 서로 다른 하천 유역에서 나타나는 서식환경 및 먹이자원의 특성을 반영하는 것이라 할 수 있다(Cummins, 1974; Ward, 1992; Williams and Feltmate, 1992). 이러한 결과를 통해 원주천은 남한강의 중상류수계에 해당하는 지류로

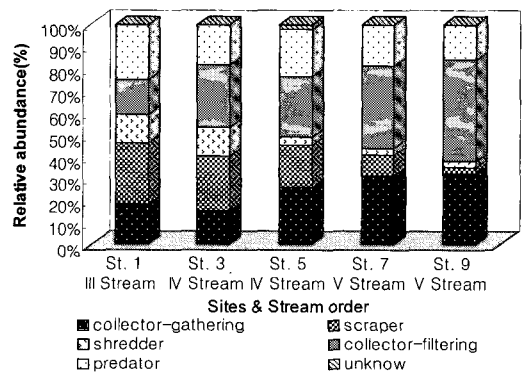


Figure 4. Composition of functional feeding groups of aquatic insects in main stream of Wonju stream

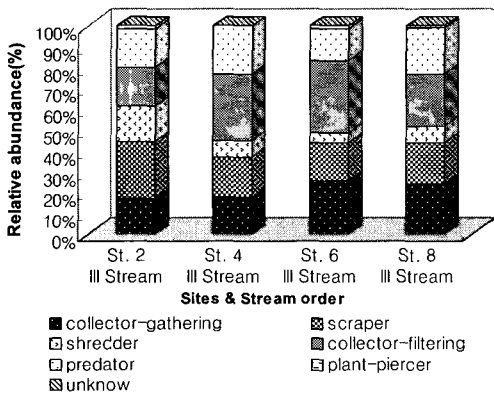


Figure 5. Composition of functional feeding groups of aquatic insects in tributaries of Wonju stream

서, 원주천 상류역의 경우 상대적으로 굵어먹는무리가 기능군에 있어 중요한 비중을 차지하며, 하류의 경우 주위먹는무리 및 걸러먹는무리의 비중이 중요한 비중을 차지하는 생태계 특성을 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 북반구 온대낙엽수림대의 일반적 하천의 특성과 많은 부분이 유사하였고, 또한 섭식기능군의 구성에 있어서도 하천연속성의 개념에 소개된 내용과 많은 부분이 일치하는 것으로 나타났다(Ward, 1992; Williams and Feltnate, 1992; Allan, 1995).

원주천 지류(St. 2, 4, 6, 8)는 모두 하천차수 3차 하천에 속하는 상류성 하천으로 섭식기능군의 분포비율이 각 지점간에 비슷하게 나타났다(Figure 5). St. 2는 다른 지류지점에 비해 굵어먹는무리와 써는무리가 다소 높은 비율을 차지하여 산간계류의 특성을 나타냈으며, St. 4, 6, 8은 St. 2에 비해 섭식기능군적 측면으로 볼 때 걸러먹는무리와 주위먹는무리의 비율이 다소 높은 비율을 차

지하였다. 이는 본 조사수역의 주요 오염원인 축산폐수와 생활하수 등의 점오염원과 비점오염원의 영향으로 미세입자유기물질(FPOM)의 유입이 상대적으로 높기 때문인 것으로 판단된다.

4. 유사도분석

각 조사지점에서 확인된 수서곤충을 대상으로 지점간의 유사도 지수를 알아본 결과(Table 2), 가장 유사도 지수가 높은 지점은 St. 3과 4이며 모두 0.540으로 가장 비슷한 수서곤충상을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이외에도 원주천의 최상류인 St. 1과 2가 0.537로 나타났으며, 본류의 St. 3과 지류의 St. 8이 0.531, 지류인 St. 4와 8일 0.525의 순으로 다소 높은 유사성을 보였다. 한편 산간계류인 St. 2와 섬강으로 유입되는 St. 9가 0.173으로 유사도가 가장 낮게 나타났다. 본류인 St. 3과 지류인 St. 4, 지류 St. 8이 0.532의 유사성을 보였고, 본류 수역인 St. 5와 7은 0.490의 유사성을 보였다.

각 유사도 지수를 근거로 각 지점별 집괴분석을 한 결과, 치악산국립공원과 인접하여 산간계류의 특성을 나타내는 지역과 원주시를 관통하여 일반적인 중류의 하천 특성, 오염이 가속된 하류의 특성을 갖는 3그룹으로 집단화됨을 확인할 수 있었다(Figure 6). 그룹 A는 최상류역을 보이는 St. 1, 2(A-1그룹)와 중류역의 특성을 보이는 St. 3, 4, 5, 6, 7, 8(A-2그룹)로 나뉘었고, 그룹 B는 최하류역을 보이는 St. 9로 나뉘었다. 하천의 인위적 환경변화는 주로 유역인구의 증가에 따른 하천 담수자원의 이용 및 유역 토지의 사용과 개발에 기인하며, 하천수로를 바꾸는 직접적인 변화뿐만 아니라 유역의 자연환경을 훼손하는 간접적 변화를 포함한다(Simon, 1979; Prat and Ward, 1994) 이는 농업용 보 및 인공제방 설치, 하천정비로 인한 하상 평탄화 및 하천의 직강화, 산업폐수, 생활하수 그리고 각종 토목공사들에 의하여 하천 수

Table 2. Similarity indices between the sampling sites in the Wonju stream

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
St. 1	1.000								
St. 2	0.537	1.000							
St. 3	0.483	0.524	1.000						
St. 4	0.423	0.440	0.540	1.000					
St. 5	0.328	0.343	0.461	0.500	1.000				
St. 6	0.306	0.301	0.467	0.456	0.400	1.000			
St. 7	0.266	0.305	0.457	0.500	0.490	0.442	1.000		
St. 8	0.442	0.459	0.531	0.525	0.444	0.403	0.464	1.000	
St. 9	0.173	0.215	0.290	0.312	0.306	0.395	0.447	0.264	1.000

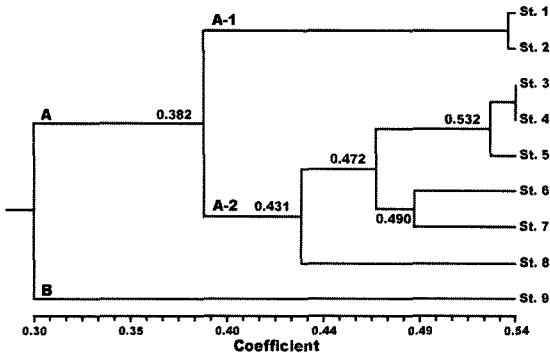


Figure 6. Cluster analysis based on aquatic insects assemblages collected at 9 sites in the Wonju stream from May to November, 2004

체의 성격이 변하거나 또는 교란받기 때문인 것으로 판단된다(최재석과 김재구, 2004). 또한 최준길 등(2005)에 의한 원주천 어류군집 분석에 관한 연구에서의 유사도 분석 결과도 매우 유사한 결과를 보여줌으로써 수서곤충과 어류와의 상관관계가 매우 밀접하다는 생태학적 연결고리의 중요함을 의미하기도 한다.

인용문헌

박정호, 조규승(1995) 강원도 방태천 수서곤충 군집의 생태학적 특성. 한국육수학회지 3: 309-322.

배연재, 원도희, 황득휘, 진영현, 황정미(2003) 경기도 가평천의 하순에 따른 수서곤충 군집조성과 섭식기능군. 한국육수학회지 36(1): 21-28.

안광국, 엄동혁, 이성규, 김용화(2003) 어류군의 다변수 접근 방식에 의거한 생물보존지수 산정에 의한 생태학적 하천 건강성 평가. 대한환경공학회 2003 춘계학술연구발표회 논문집, 548-552쪽.

윤일병(1988) 한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류). 문교부, 서울, 91-778쪽.

윤일병, 공동수, 유재근(1992a) 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가연구(II). 환경생물학회지 10: 77-84.

윤일병, 공동수, 유재근(1992b) 저서성 대형무척추동물에 의한 생물학적 수질평가연구(III). 환경생물학회지 25: 177-183.

윤일병(1995) 수서곤충검색도설. 정행사, 서울, 7-218쪽.

최재석, 김재구(2004) 홍천강의 어류상 및 어류군집. 한국환경생물학회지 18(3): 446-455.

최준길, 신현선, 최재석(2005) 원주천의 어류군집 분석. 한국

환경생태학회지 19(1): 46-54.

川合順次(編)(1985) 日本産水生昆虫檢索圖說. 東京大學出版會, 東京.

Allan, J.D.(1995) Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.

Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. Am. Midl. Nat. 67:477-504.

Cummins, K.W.(1973) Trophic relations of aquatic insects. Ann. Rev. Entomol. 18: 183-206.

Cummins, K.W.(1974) Structure and function of stream ecosystems. Bioscience 24:631-641.

Cummins, K.W. and M.J. Klug.(1979) Feeding ecology of stream invertebrates. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10:147-172.

Hellawell, J.M.(1986) Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier, London, 546pp.

Hynes, H.B.N.(1960) The biology of polluted water: Liverpool, England, Liverpool University Press, 202p.

Jaccard, P.(1908) Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. 44: 223-270.

Merritt, R.W. and K.W. Cummins(1996) An introduction to the aquatic insects of North America, 3rd ed. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa.

Minshall, G.W. and R.C. Peterson(1985) Towards a theory of macroinvertebrate community structure in stream ecosystems. Archiv fur Hydrobiologie 104:49-76.

Power, M.E., R.J. Stout, C.E. Cushing, P.P. Harper, F.R. Hauer, W.J. Matthews, P.B. Moyle, B. Statzner and I.R. Wais De Badgen(1988) Biotic and abiotic controls in river and stream communities. Journal of the North American Benthological Society 7:456-479.

Prat, N. and J.V. Ward(1994) The tamed river. pp. 219-236 In: Margalef, R. (ed.) Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V., Amsterdam.

Resh, V.H. and D.M. Rosenberg(eds.)(1984) The Ecology of Aquatic Insects. Praeger, New York.

Resh, V.H., A.V. Brown, A.P. Covich, M.E. Gurtz, H.W. Li, G.W. Minshall, S.R. Reice, A.L. Sheldon, J.B. Wallace and R.C. Wissmar(1988) The role of disturbance in stream ecology. Journal of the North American Benthological Society 7:433-455.

Rosenberg, D.M. and V.H. Resh. (eds)(1993) Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. Chapman & Hall, London.

Simon, D.B.(1979) Effects of stream regulation on channel morphology. pp. 95-111 In: Ward, J.V. and J.A. Stanford(eds.), The Ecology of Regulated Streams. Plenum Press, New York.

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Shdell and C.E. Cushing(1980) The River Continuum Concept. *Can.J.Fish. Aquatic. Sci.* 37:130-137.

Ward, J.V.(1992) *Aquatic Insect Ecology*. John Wiley & Sons. New York.

Williams, D. D. and B. W. Feltmate(1992) *Aquatic Insects*. CBA International, Oxon, UK.

Wiederholm, I. (ed.)(1984) *Chironomidae of the Holarctic region. Part I. larvae*. *Entomol. Scand. Suppl.* No. 19.