

북천지역 자연학습 체험단지 조성을 위한 기본 계획(I) -하상분석, 대기질 및 생태분석-

정종현[†] · 최석규 · 조세환*

서라벌대학 환경과학과

*경주대학교 환경조경학과

Preliminary Design for Preparing a Natural Learning and Experimental Area in Bukchun and Boundary(I) -Analysis of Riverbed, Atmospheric and Ecological Environment-

Jong-Hyeon Jung[†] · Seog-Gyu Choi · Se-Hwan Cho*

Dept. of Environ. Science, Sorabol College

* Department of Environmental Landscape Architecture, Gyeongju University

ABSTRACT

This study focuses on the structure of geographical conditions, the riverbed, the meteorological and atmospheric examination, the ecological environment, the food chain and the ecosystem, in order to establish a basic plan for preparing a natural learning area of environmental ecosystem in Bukchun and its surroundings, Gyeongju. The results could be summarized as follows. Bukchun is a first grade which extends 6km along the road from Bomun bridge to the junction of Hyungsangang. The basin area is 7.10km² and the slope is 1/200~1/300. Gyeongju has good atmospheric conditions, i.e. SO₂ 0.011~0.017ppm, CO 0.8~1.5ppm, NO₂ 0.013~0.019ppm, O₃ 0.013~0.020ppm, TSP 85~142μg/m³, PM-10 47~90μg/m³ and Pb 0.057~0.129μg/m³, which is below the annual and daily averages, and is little lower than those of Pohang and Ulsan. The ecosystem of Bukchun is based on the structure of the food chain, which includes birds such as the grey and white herons at the top of the food chain. This study also considers the development of the river's in terms of culture, environment and ecology concept.

Keywords : Bukchun, Natural Learning and Experimental Area, Ecological, Food Chain

I. 서론

산업의 급격한 발전, 인구증가, 도시화 및 공업화는 인간에게 자연환경의 훼손과 하천 및 산림자원의 황폐화를 가져다주었다. 특히, 도시지역 지표의 불투수층화, 인구밀집에 따른 오염부하의 증가, 치수기능에만 목적을 둔 하천정비 등

은 일부 하천의 환경 및 정화기능을 상실하게 만들었으며, 지역에 거주하는 주민에게서조차 외면 받고 있는 실정이다. 게다가 용지 확보의 용이성 때문에 하천부지는 하천의 생태와는 관련이 없는 주차장, 도로, 오락시설, 소하천 복개 등 도심 기반시설이 설치되어 하천생태계는 차츰 파괴되고 있다.^{1~7)}

한편, 도시하천은 인공화된 도시의 주요 자연공급원으로서 도시경관, 도시민의 친수공간, 자연생태 환경의 교육의 장으로서의 기능을 가지고 있다. 그러나 지금까지 도시하천은 오직 치수 및 이

[†] Corresponding author : Dept. of Environmental Science,
Sorabol College

Tel : 054-770-3500 Fax : 054-749-9985
E-mail : airgas@sorabol.ac.kr

수의 관점에서 계획되고 관리되어 왔을 뿐, 도시하천이 갖는 생태학적, 환경적 특성을 고려한 관리가 이루어지지 않고 있다. 오늘날 도시화로 인한 도시환경 전반에 걸친 환경악화와 함께 도시하천에 대한 환경복원에 대한 관심이 고조되고, 이미 독일, 일본 등의 선진국에서는 이러한 방향으로 도시하천을 계획·복원해왔다. 이와 같은 맥락에서 우리 나라에서도 최근 서울을 비롯한 많은 도시에서 도시환경 개선 측면에서 도시하천의 자연생태복원에 지대한 관심을 기울이고 있는 실정이다.^{4~10)}

본 연구의 대상지인 경주 북천은 역사적으로 매우 중요하고 의미 있는 도시하천이지만 지금까지 환경친화적 맥락에서는 여타의 타도시의 하천과 마찬가지로 효과적으로 다루어지지 않고 있다. 즉, 북천은 경주 도심공간의 주요 오픈 스페이스의 하나로서 도시공간상에서 차지하는 공간적 점유 규모나 성격, 경주라는 역사·관광도시의 의미적인 측면에서 경주 도시 전체의 경관은 물론이고 쾌적하고 아름다운 도시 친수환경을 조성하는데 중요한 역할을 수행하는 도시하천임에도 불구하고, 지금까지 하천 자체가 갖는 자연생태의 복원, 시민 및 관광객을 위한 친수공간의 조성 등에 대한 구체적 계획은 수립되지 않고 있

다.^{4~(11~18)}

따라서 본 연구에서는 북천을 도시민과 학생들을 위한 친수 환경공간 조성과 자연학습 체험단지 조성을 위한 연구의 일환으로 지리적 현황, 주변환경 조사, 북천지역 하상조사 및 분석을 실시하였다. 또한, 기상 및 대기질 분석, 식생 및 생태현황 등을 조사하여 북천지역 자연형 학습체험단지 조성을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 지역 선정

형산강은 한반도의 동남부에 위치하고 있으며, 경남 울산시 백운산(해발고도, 800m)에서 발원하여 경주와 포항을 거쳐 동해의 영일만에 이르는 총 연장 62.2km의 강이다. 그리고, 본류와 25개의 샅강으로 이루어져 있으며 유역면적은 1,136km²이다.^{2,4~7)} 한편, 북천은 경주시 동북부에 위치한 형산강 제1지류로 연장 15km, 유역면적 79.1km²이며, 기점은 경주시 덕동 사시목이며 종점은 경주시 성건동이며, Fig. 1에 북천 유역의 위치와 현황을 나타내었다.

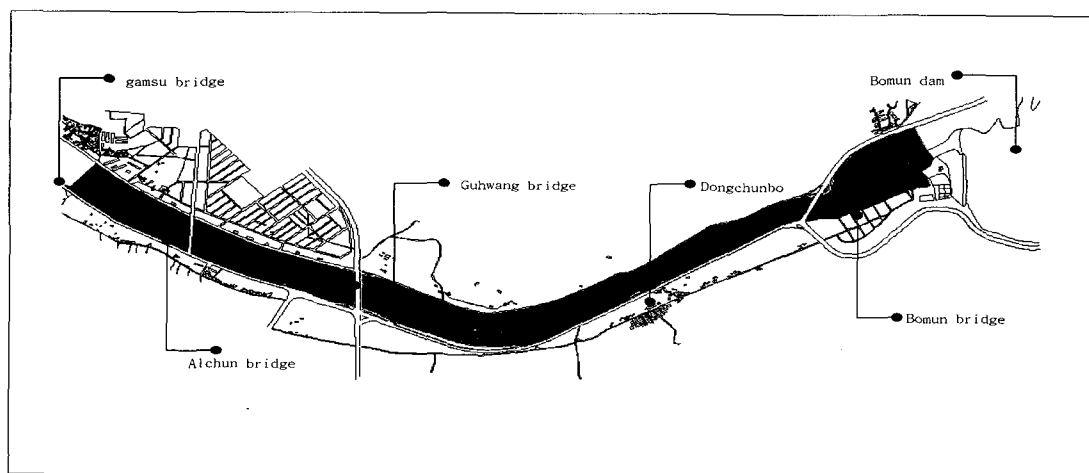


Fig. 1. Key map of research boundary.

2. 북천 하상조사

보문호에서부터 형산강 본류 유입지점까지를 10개의 구역으로 분할하여 북천의 하상을 조사하였으며, 각각의 하상 조사지점을 Fig. 2에 도

시하였다. 북천지역의 하상과 형산강에 적합한 수종 결정을 위하여 형산강과 북천유역을 답사하여 생태자연형 하천계획에 적합한 방안을 계획하였다.

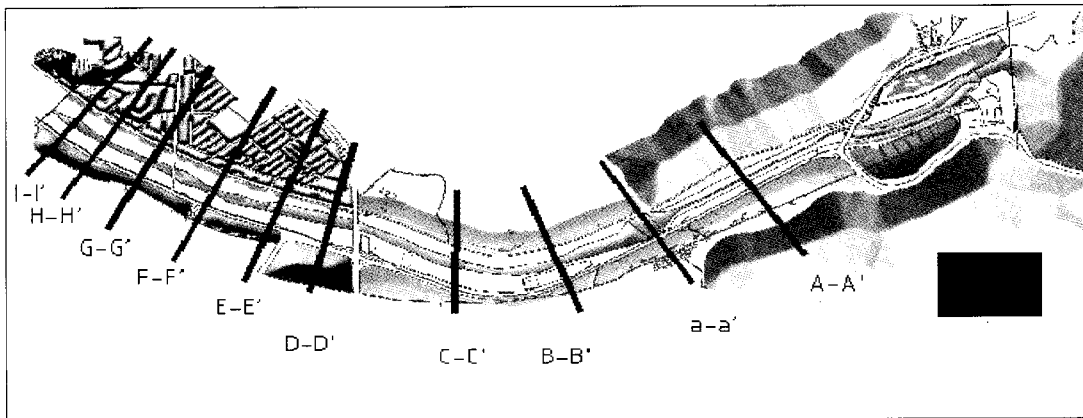


Fig. 1. Map showing sampling sites.

3. 기상 및 대기질 조사

형산강 상류지역과 경주지역의 기상상태를 확인하기 위한 경주시에 인접한 영천기상대 10년간(1991~2000)의 월별 기상자료를 이용하였으며, 기상현황을 파악하기 위하여 기온, 강수량, 상대습도, 천기일수, 풍향 및 풍속, 일조시간, 증발량 등을 조사하였다.^{19~20)} 경주시 대기질 현황을 분석하기 위해 대기측정차량을 이용하였으며, 대기환경질 1차조사는 2001년 7월 18일~25일에 실시하였으며, 2차조사는 2001년 11월 22일~30일에 실시하였고, 2000년 이전의 자료는 경주시 성건동에 위치한 자동측정망 자료를 이용하였다. 대기질 측정차량을 이용한 대기질 측정 항목은 환경정책기본법 제 10조 제 2항, 동법 시행령 제 2조의 규정(2000. 8.17일 개정)에 의한 대기질 환경기준 항목인 아황산가스(SO₂), 이산화질소(NO₂), 일산화탄소(CO), 오존(O₃), 납(Pb), 미세먼지(PM-10) 외에 법개정 이전의 기준항목인 총먼지(TSP)를 추가하여 총 7개 항목으로 선정하였다. SO₂는 API사의 SO₂ analyzer(U.S.A.,

API Model:100A)를 사용하였고, NO₂는 Thermo Environmental사의 Chemiluminescent type의 analyzer(U.S.A., Model:43C)를 이용하였다. 한편, CO(U.S.A., Model:300)와 O₃(U.S.A., Model:400)은 API사의 analyzer를 이용하여 분석하였으며, PM-10은 MET ONE사(U.S.A., Model:BAM-1020)의 채취장치를 이용하였다.

4. 북천유역의 생물환경 조사

경주시 북천유역의 식생 환경을 조사하기 위하여 동물상과 식물상을 조사하였다. 본 연구에서 조사된 동물상의 세부항목은 먼저 수서 곤충류 및 저서성 대형 무척추동물, 조류, 담수어류 등이며, 식물상의 조사를 위하여 식생 유형별의 초화류 및 수목 등을 조사 분석하였다. 육상동물은 서식환경과 생태학적 특성, 이동성이 있어 하천변의 각 서식지를 조사 및 답사하였다. 본 연구에서는 가능한 많은 종을 조사 기록하기 위하여 정량적 방법과 정성적 방법을 이용하였다. 정량적 방법은 Surber net(25cmx25cm)를 이용하여

채집하였으며, 정성적 방법은 Surber net와 뜰채를 이용하여 무작위 채집하였다. 채집된 곤충류는 외부형태 및 각각의 특징을 고려하여 분류하였다. 시료는 현장에서 Kahl's solution에 고정시킨 후, 실험실에서 분리하여 ethanol 80%에 보관하였다. 어류의 채집에는 각 종의 그물을 사용하여 직접 채집을 실시하였으며, 투망 (망목 5x5mm), 족대 (망목 3x3mm)를 사용하였다. 채집된 어류는 현장에서 종을 동정하여 개체수를 기록한 후 대부분 방류하였고, 사진촬영이나 표본제작에 필요한 소수의 개체들은 산채로 실험실로 운반하거나 10% 포르말린에 고정하였으며, 시속 2 km정도로 보행하면서 육안으로 확인하여 기록하는 방법과 울음소리에 의하여 확인된 개체도 포함하였다. 한편, 조류는 생태학적인 특성을 고려하여 하천과 산림환경 지역 등을 조사하였다. 중·대형포유류의 경우에는 직접목격, 울음소리청취, 생태흔적(족적, 배설물, 식흔, 서식 굴 또는 잠자리 등)으로 서식종을 확인하였으며, 포유류는 생태학적인 특성을 고려하여 하천과 산림환경 지역 등을 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 북한 하상분석

북천유역의 하천하상과 홍수위에 미치는 영향을 분석하기 위하여 답사와 실측을 병행하였다. Fig. 3과 4에서는 보문호에서 형산강 본류 유입 지점까지의 하도 계통도를 바탕으로 북한유역의 하상을 분석하였다. 북한의 하도는 여느 하천과 마찬가지로 저수로와 고수부지로 구분되는 단면을 가지고 있다. 저수로의 특성은 도시하천임에도 불구하고 하상 재료가 호박돌 및 조약돌로 이루어져 침식이 일어나고 있는 산지형의 하도와 선상지(扇狀地)형의 복합적인 면을 보이는 반면, 고수부지는 사토가 주조를 이루고 있는 양상을 보이고 있다. 본 연구에서 조사된 하상구배는 개략 1/200~1/300 정도로서 선상지형의 하도 구배를 띠고 있어 홍수시 하천 유속이 극심하여 국

지적으로 극심한 하상 쇄굴 현상을 보이고 있다. 전체적인 하도폭은 평균 140~150m 정도이고 저수로의 경우는 작게는 10~40m의 폭을 유지하며 흐르고 있어 부분적으로 고수부지가 잘 발달되어 있다. 이와 같은 하상의 형상은 '추이대(ecotone) 형성의 여부', '고수 및 저수호안의 형태', '유량 및 유속', '수심' 등의 조건과 함께 북천의 하천생태계에 영향을 미치는 요소이다.

북천의 하상구조는 전체적으로 고수호안에는 호안블터, 자연석 등의 재료로 인공호안이 개략 1 : 1~1.5 : 1의 구배로 조성되어 있는 반면, 저수로 부분에는 자연호안으로 추이대가 형성되어 있는 지역과 호박돌 쌓기로 2 : 1~3 : 1의 구배로 인공호안이 조성되어 있는 지역으로 구분된다. 하상 단면의 변화에 따라 저수호안의 추이대가 갈대류로 형성되는 Fig. 2(A)의 A-A'지역이 있는 반면, 추이대가 습지성 식물로 형성되는 지역도 있다. 또한, 이들 형의 절충형으로 습지성 식물과 갈대가 동시에 추이대를 형성하고 있는 Fig. 3(A)의 F-F' 지역도 있다. 북천은 하상경사가 급한 관계로 물의 유속의 변화가 심하다. 홍수시에는 유속이 몹시 빠른 반면, 갈수기에는 0.02m/s 정도의 느린 유속을 보이고 있다. 특히, 갈수기에는 수심이 0m인 지역이 나타나고 물이 고여있는 지역엔 0.05~0.2m 범위의 수심이 나타나는 지역이 있어 어류의 서식 및 지역 생태계에 악영향을 미치고 있다. 하상의 급경사로 인한 극심한 유속의 변화를 방지하기 위해 상류의 동천 수중보를 비롯해 3곳의 수중보가 설치되어 있으나, 구간 별 하상 쇄굴이 심하게 일어나고 있는 지점도 있다. 이와 같이 하상 쇄굴이 심하게 일어나고 있는 지역은 보문교 교각지역, 구황교 교각지역, 동천 수중보지역 등이다. 북한 하상의 저수로는 3개 유형의 토양층으로 구분되는 것으로 나타났다. 즉, 하천의 상류지역에서 내려오는 자갈이 하류지역에 퇴적하여 하도에 양호한 여울을 형성하고 있는 유형, 수중보 상류지역에 자갈층 위에 점토성의 토양이 퇴적되어 있는 유형, 상류지역의 대표적 토양단면으로 큰 호발들이 하상에 노출되어 있는 유형이다. 한편, 하상

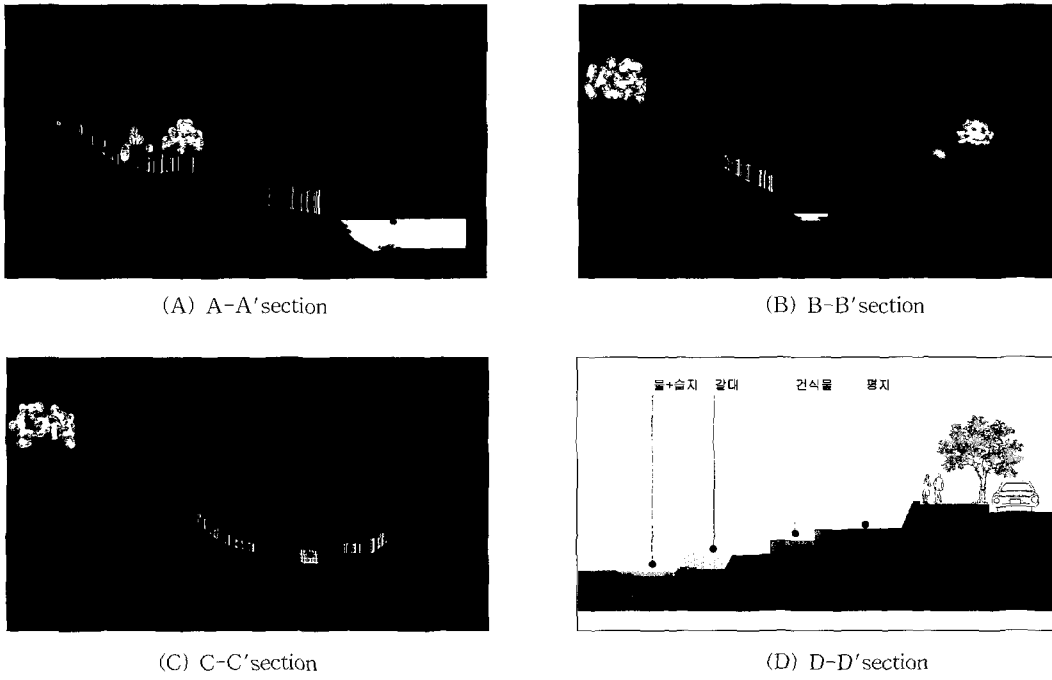


Fig. 3. Analysis of physical features in Bukchun-river.

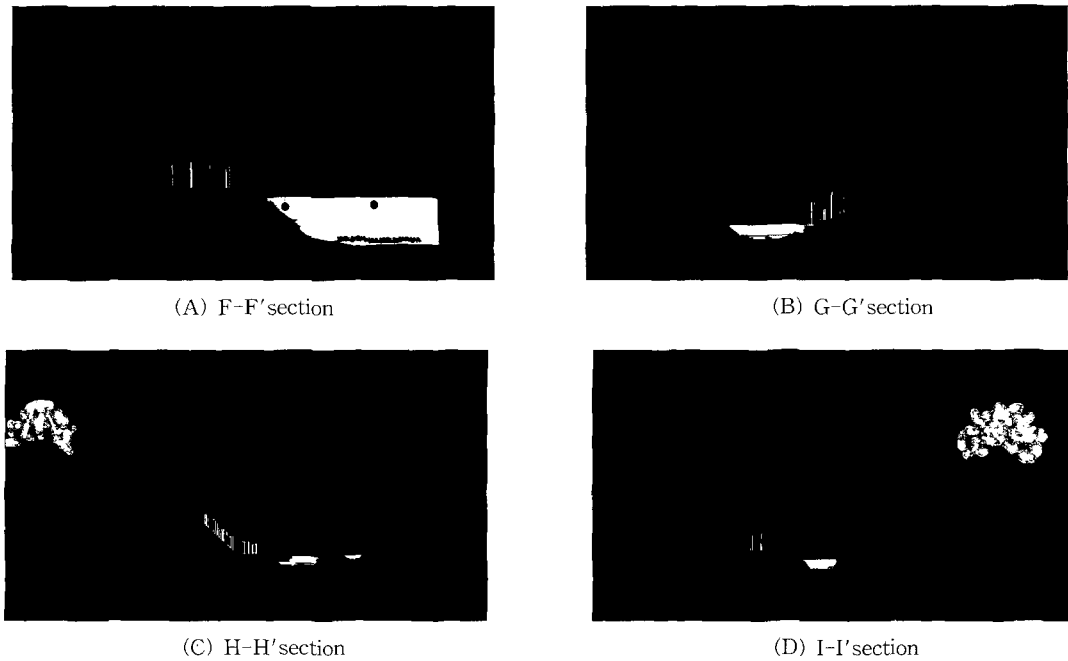


Fig. 4. Analysis of partition and riverbed of Bukchun-river.

의 고수부지는 자갈과 퇴적된 점토가 혼재되어 있는 층위에 사토가 퇴적되어 있는 단면으로 형성되어 있다.

2. 기상

북천지역이 속한 경주시 일대는 경북 동남부의 내륙지방에 위치하여 해양성 기후가 부분적으로 나타나고 있으나, 전체적으로는 대륙성 기후지대에 속한다. 경주지역의 기상상태를 확인하기 위한 영천기상대의 10년간(1991~2000)¹⁹⁻²⁰⁾ 월별 기상현황은 Table 1과 같다. 연평균기온 13.2℃로 온화한 편이며, 월평균 기온 중 최난월은 24.9℃의 9월로 나타났다. 또한, 계절별 평균기온은 봄철(3, 4, 5월) 15.1℃, 여름철(6, 7, 8월) 23.6℃, 가을철(9, 10, 11월)은 13.5℃, 겨울철(12, 1, 2월)은 0.6℃로 겨울철에는 포항지역권보다는 상대적으로 기온이 낮은 편으로 나타났다. 연평균 강수량은 1,094.5mm로 전국평균보다 역시 적은 것으로 나타났으며, 봄철에는 216.5mm, 여름철에는 617.4mm, 가을철에는 193.0mm, 겨울철에는 67.6mm이며, 여름철인 6,7,8월에 연평균

수량의 반이 넘는 56.4%를 차지하여 집중호우의 형태를 보였다. 기상자료 분석결과에 의하면 연평균 증발량은 1288.1mm이며, 월별 평균 증발량의 최고치는 5월의 166.2mm이고 최저치는 2월의 65.8mm로 나타났다. 한편, 계절별로는 여름철이 408.5mm, 겨울철이 202.6mm로 나타났으며, 또한 상대습도는 우기인 6~9월 사이가 75.2~79.4%로 가장 높은 값을 보이고 있으나, 동기간 중 전년 평균습도는 64.1%로 일상생활에 적합한 70%를 다소 하회하고 있는 상태이다. 연평균 일조시간은 2,205.3hr이며, 월평균 일조시간은 183.8hr이다. 월평균 일조시간의 최고치는 5월의 220.3hr이며, 최저치는 12월의 161.7hr로 나타났다. 기상자료에 의한 천기일수는 맑음 106일, 흐림 101일, 강우(≥0.1mm) 87일, 결빙 130일, 서리 90일, 눈 11일, 안개 41일로 나타났다. 연평균 풍속은 9.7m/s이고, 계절별 주풍향은 봄은 서풍계로서 서북서풍(WNW)이 10.6%, 여름은 동풍(E)이 12.2%, 가을은 서북서풍(WNW)이 9.6%, 겨울은 서북서풍(WNW)이 11.7%로 나타났으며, Fig. 5의 바람장미도로 나타내었다.

Table 1. The meteorological condition and monthly weather in Gyeongju

	Temperature(℃)			Precipitation (mm)	Humidity (%)	Maximum Wind Speed (m/sec)	Average Wind Speed (m/sec)	Wind Direction	Dose sunshine (hr)
	Avg.	Max.	Min.						
1	-1.0	11.5	-13.4	24.6	59.3	8.4	2.4	WNW	174.5
2	1.5	16.9	-11.1	26.8	59.6	8.5	2.1	WNW	177.5
3	6.0	21.1	-6.1	53.6	60.7	8.1	2.1	WNW	190.3
4	22.4	27.9	-2.5	69.8	57.9	8.0	2.1	E	218.7
5	17.0	30.5	3.4	93.1	62.5	7.8	1.9	W	220.3
6	21.1	32.9	10.2	155.3	70.6	7.5	1.7	E	176.1
7	24.8	35.2	16.3	208.0	75.9	7.3	1.7	ENE	164.5
8	24.9	34.8	16.2	254.1	76.1	7.4	1.5	E	177.0
9	20.1	32.5	7.7	125.3	71.8	7.3	1.4	ENE	174.3
10	13.6	27.3	-0.3	30.9	66.5	7.5	1.5	WNW	203.8
11	6.9	21.7	-6.8	36.8	66.5	8.9	1.8	WNW	166.6
12	1.3	15.3	-11.3	16.2	63.2	9.3	2.1	WNW	161.7
Avg.	13.2	25.6	0.2	91.2	65.9	8.0	1.8	WNW	183.8

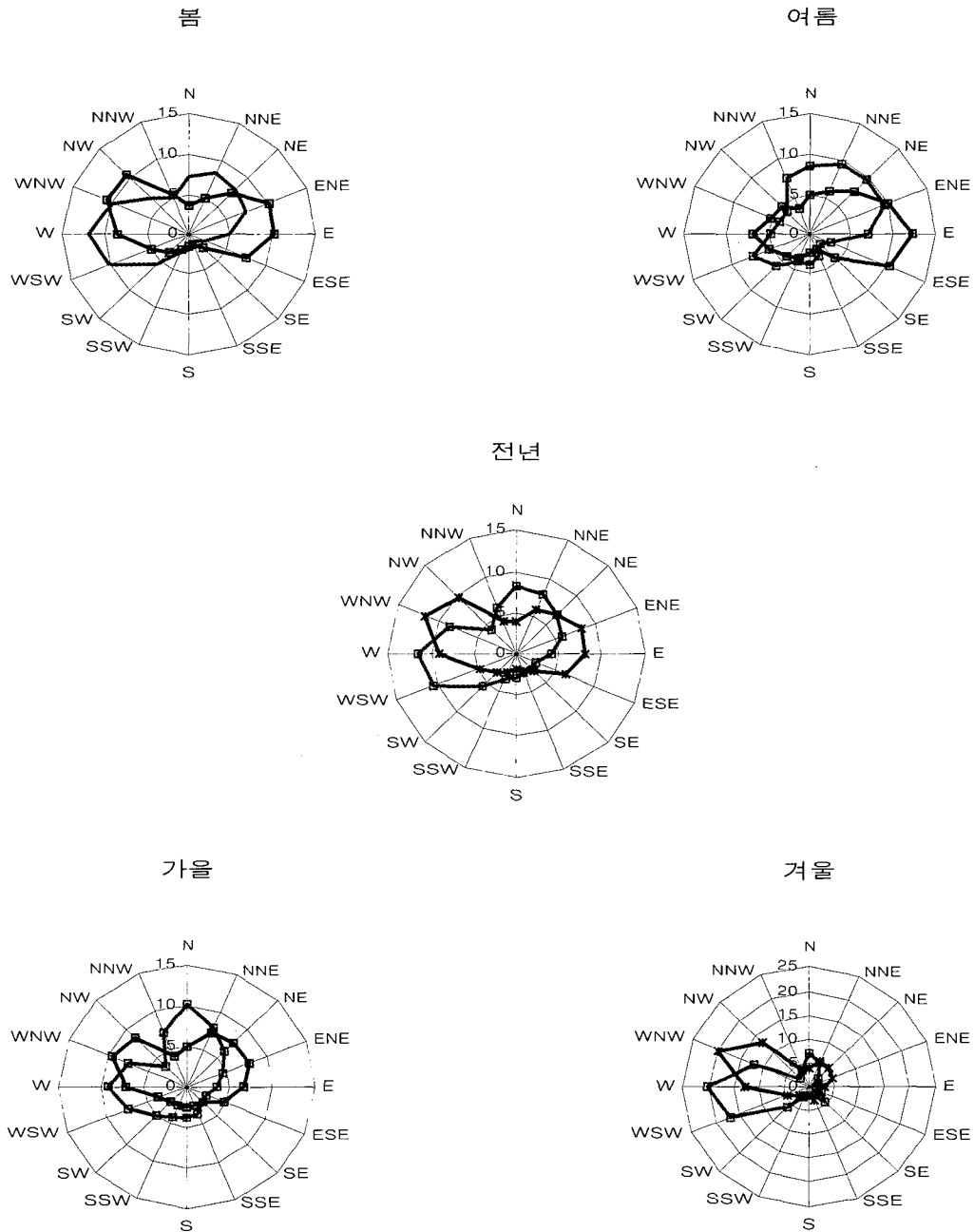


Fig. 5. Wind speed and frequency distribution of wind rose in Gyeongju.
 (— : Avg. wind speed[m/s], --- : frequency of Wind dir.[%])

3. 대기질

Fig. 6, Fig. 7은 경주시 성건동지역의 자동측정망에서 측정된 대기오염 분석현황을 나타낸 것으로서 특히 Fig. 6(A)의 SO₂ 농도는 0.004~0.01ppm인 것으로 조사되었으며, 울산·포항권역의 대기질과 비교하여 상대적으로 양호한 것으로 확인되었다. 또한, 연간 평균치 및 24시간 평균치에 모두 미달하는 것으로 조사되었다. Fig. 6(B)에서는 PM-10과 산성비의 분석결과를 나타낸 것으로 미세먼지(PM-10)의 경우 39~66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었으며, 강우산도 실험에서는 일정 기간에 한해 경주지역²¹⁾에서도 산성비가 발생되는 것으로 확인되었다. 이는 경주 인근지역에 대

규모 공업단지인 울산과 포항이 위치하고 있기 때문인 것으로 사료되며, 이와 함께 부산, 양산, 구미, 영천권역에서 발생된 대기오염물질이 해륙풍과 곡풍을 따라 경주지역으로 일부 수송된 것으로 추정되며,^{21~23)} 이전의 연구자들에 의해 일부 확인되었다.^{24~27)} 향후 이와 관련된 지속적인 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다. Fig. 7에서는 CO, NO₂, O₃의 농도를 조사한 결과 일산화탄소(CO)는 0.5~1.2ppm, 이산화질소(NO₂)는 0.016~0.024ppm, 오존(O₃)은 0.014~0.025ppm으로 조사되었다. 이러한 측정치들은 연간평균치 및 24시간 평균치에 모두 미달하여 양호한 상태로 판단되었다.

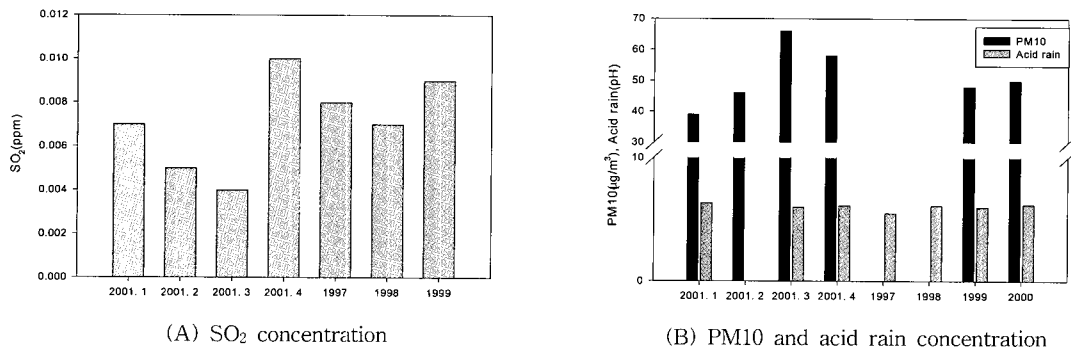


Fig. 6. SO₂, PM10 and acid rain concentration in Gyeongju.

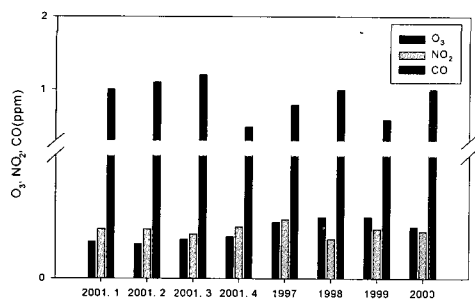


Fig. 7. O₃, NO₂ and CO concentration in Gyeongju.

Table 2에서는 대기질 측정차량을 이용한 경주시 천군동, 보문단지, 보문동 지역의 대기오염물질 농도를 측정하였다. 경주시 전역의 대기질 실험조사 결과 SO₂는 0.011~0.017ppm, CO는

0.8~1.5ppm, NO₂는 0.013~0.019ppm, O₃는 0.013~0.020ppm으로 나타났다. 또한, TSP는 85~142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM-10은 47~90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Pb는 0.057~0.129 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 분포를 나타내었다. 따라서, 본 연구에서 조사된 경주시 전역의 대기질 상태는 모두 낮은 오염도를 나타내었고, 전 지점 모두 환경기준 이내의 양호한 대기질을 유지하는 것으로 조사되었으며, 대기환경보전법상 기준치 이하인 것으로 나타났다. 또한, 인근 지역인 포항시와 울산광역시내 측정소의 2001년도 월별 대기질현황과 비교한 결과 경주시 보문 및 천군 지역을 포함한 지역기상이 인근 포항이나 울산에 비해 상대적으로 양호한 상태인 것으로 판단된다.

Table 2. The concentration of air pollutants by measuring vehicle in Chungundong and Bomundong, Gyeongju

Pollutant Sampling Site	Measuring Time	SO ₂ (ppm)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO (ppm)	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Chungundong	1st	0.013	59	0.018	0.015	1.0	92	0.070
	2nd	0.015	71	0.020	0.017	1.2	100	0.070
	Avg.	0.014	65	0.019	0.016	1.1	96	0.070
Bomun area	1st	0.015	71	0.018	0.017	1.3	135	0.129
	2nd	0.017	90	0.020	0.019	1.5	142	0.101
	Avg.	0.016	80.5	0.019	0.018	1.4	138.5	0.115
Bomundong	1st	0.011	47	0.013	0.013	0.8	85	0.057
	2nd	0.011	75	0.013	0.015	0.8	91	0.061
	Avg.	0.011	61	0.013	0.014	0.8	88	0.059

4. 북천유역의 생물환경

1) 동물상 분석

북천에는 중백로, 왜가리, 청둥오리, 물총새 등의 어류를 먹이로 삼는 종류와 꿩, 양비둘기, 종다리, 개똥지빠귀, 멧새, 참새, 까치 등의 곡식이나 벌레를 먹이로 하는 조류가 서식하고 있는 것으로 관찰되었으며, Fig. 8에 지점별로 구분하여 동물상의 분포를 도시하였다. A-1 지점에서는 중백로, 왜가리, 청둥오리와 같은 어류를 먹이로 삼는 조류는 주로 사람의 눈에 잘 띄지 않는 한적한 갈대 숲 속의 저습지 지역에서 관찰되었으나 물총새의 경우는 하천의 여울 및 자갈밭에

서 주로 관측되었다. A-2와 A-3 지점에서는 꿩, 양비둘기, 멧새 등의 야생 조류가 북천 상류의 소금강 및 명활산과 인접한 지역에서 비행하는 것이 주로 관찰되어 이들의 서식지는 이들 산 속에 있는 것으로 추정되며, Table 3에서는 북천 인근에 서식하는 조류를 나타내었다. 또한, 종다리는 북천 상류지역의 고수부지 상공에서 주로 관찰되었으며, 참새와 까치 등은 시가지에 가까운 북천 하류지역의 고수부지 텃밭 인근에서 다량 관찰되었다. 이들 조류들의 생태적 특성을 보면 특히, 물이 있으면서 은폐 장소가 있는 곳에 서식하는 왜가리, 중백로, 청둥오리, 물총새 등의 조류는 사람의 접근에 매우 민감하였다.



Fig. 8. The key map of the distribution with animals, insects, fishes and birds community in Bukchon and its surroundings.

Table 3. Birds community lived in Bukchun and its surroundings

Kinds	Scientific name
Birds community	<i>Egretta intermedia intermedia</i> (WAGLER)
	<i>Ardea cinerea jouyi</i> CLARK
	<i>Anas platyrhynchos platyrhynchos</i> INNAEUS
	<i>Phasianus colchicus karpowi</i> BUTURLIN.
	<i>Columba rupestris rupestris</i> PALLAS
	<i>Alauda arvensis</i> LINNAEUS.
	<i>Turdus naumanni eunomus</i> TEMMINCK
	<i>Emberiza cioides castaneiceps</i> MOORE.
	<i>Passer montanus dybowskii</i> DOMANIEWSKI
	<i>Alcedo atthis bengalensis</i> (GMELIN)
<i>Pica pica sericea</i> GOULD.	

한편, 북천에서 서식하고 있는 어류를 조사한 결과 붕어 등 10종에 이르는 다양한 어류가 서식하고 있는 것으로 나타났다. 이들 어류를 살펴보면 메기를 제외한 9종은 모두 소형 어류로서 이들은 모두, 왜가리나 중백로와 같이 감으로 적당한 종류로 분석되며, Table 4에서는 북천 유역에 서식하는 어류의 종을 나타내었다. 하천 수질에 따라 서식하는 물고기의 종류가 달라지는 일반적인 현상에 비추어 볼 때, 맑고 깨끗한 물에 서식하는 피라미나 버들치로부터 깨끗하지 못한 물에 서식하는 붕어나 미꾸라지에 이르기까지 나타나는 특이한 현상을 보이고 있는 것으로 나타

났다. 이것은 북천의 하상 환경이 크게 자갈로 형성된 여울 등의 지역과, 갈대 등의 습생식물로 형성되어 있는 웅덩이지역(주로 수중보가 설치되어 있는 상류지역)으로 2분화되어 있는 이유인 것으로 분석된다. 그러나, 이러한 어류는 북천의 하상경사가 급해 갈수기에는 쉽게 물이 고갈되므로 서식환경을 크게 위협받게 된다. 따라서 이러한 어류를 위한 생태환경을 조성해 주기 위해서는 무엇보다도 갈수기에도 이들 어류가 생존할 수 있는 최소한의 물을 공급해 줄 수 있는 생태하천시설의 조성이 요망된다.

Table 4. Fishes community lived in Bukchun and its surroundings

Kinds	Scientific name
Fishes community	<i>Misgurnus mizolepis</i> GNTHER
	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (CANTOR)
	<i>Cobitissinensis</i> SAUVAGE et DABRYI
	<i>Silurus asotus</i> LINNAEUS
	<i>Chaenogobius urotaenia</i> (HILGENDORF)
	<i>Rhinogobius brunneus</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)
	<i>Carassius auratus</i> (LINNAEUS)
	(<i>Moroco lagowskii</i> (DYBOWSKI)
	<i>Moroco oxycephalus</i> (BLEEKER)
	<i>Zacco platypus</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)

북천에 서식하고 있는 곤충류는 육상곤충류로 잠자리류 3종, 나비류 6종, 메뚜기류 5종, 개미류 1종, 수서곤충류 29종 등 모두 44종의 생물이 서식하고 있는 것으로 조사되었으며, Table 5에서는 북천 인근에 서식하는 곤충을 나타내었다. 육상곤충류 중 잠자리는 전 하천 구간 중 추이대가 잘 형성되어 있는 지역에서, 나비류는 갈대 숲이 잘 형성되어 있고 주변에 잔디밭이 자리 잡고 있는 북천의 상류지역에서 조사되었으며, 메뚜기류는 갈대 숲에서 주로 채집되었다. 이들 곤충들은 잠자리, 나비와 같은 완전 변태를 통해 성장하는 곤충과 메뚜기와 같은 불완전 변태를 통해 성장하는 등 성장 과정은 다소 차이가 있지만, 공통적으로 유숙이 약한 물이 있고 수생식물과 번식할 수 있는 초지가 있어야 한다. 따라서 이들 곤충이 서식하고 있는 곳으로 조사된 지역은 Fig. 8의 A-4와 A-5 지점으로 이러한 조건을 충족시키는 지역임을 입증하는 것이므로 이들의 생태적 교란이 되지 않고, 보다 많은 종이

다양하게 서식할 수 있도록 A-4와 A-5 지점의 서식조건을 보다 철저히 보존 또는 보전해 나가야 할 것이다. 이와 함께 수서곤충 또한 Fig. 8의 A-4와 A-5 지점에서 조사되었으며, 북천 상류의 동천 수중보와 보문교 사이의 갈대 숲 지역의 습지에서 주로 분포하고 있으며, 종류 또한 매우 다양한 것으로 나타났다. 이 지역에서 붕어 등의 어류가 채집되고 있는 점을 감안하면 이들 수서곤충은 동물 및 식물 플랑크톤과 함께 어류의 주된 먹이가 되고 있음을 유추할 수 있다. 결국, 이들 육상 곤충이나 수서곤충은 북천에서 서식하는 각 종 어류나 조류의 먹이로서의 먹이사슬을 형성하고 있기 때문에 이들이 공통으로 서식하고 있는 것으로 나타난 북천 상류의 동천보와 보문담 구간은 이들에 의한 비오톱(biotope)이 잘 형성되고 있는 지역으로 분석할 수 있다. 따라서 이 구간은 구황교 남단 하류지역과는 구분하여 보다 적극적으로 보존해 나가야 할 것으로 사료된다.

Table 5 Insect community lived in Bukchun and its surroundings

Kinds	Scientific name
Insect community	<i>Cercion calamorum</i> (Ris)
	<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys)
	<i>Sympetrum pedemontanum</i> (Alioni)
	<i>Elimaea grandis</i> (Matsumura et Shiraki)
	<i>Atractomorpha lata</i> (Motschulsky)
	<i>Oxya</i> sp.
	<i>Trilophidia annulata</i> Thunberg
	<i>Acrida cinerea</i> (Thunberg)
	<i>Camponotus japonicus</i> Mayr
	<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott
	<i>Muljarus japonicus</i> (Vuillefroy)
	<i>Pieris</i> (<i>Artogeia</i>) <i>rapae</i> (Linnaeus)
	<i>Pontia daplidice</i> (Linnaeus)
	<i>Colias erate</i> (Esper)
	<i>Eurema hecabe</i> (Linnaeus)
	<i>Lycaeides argyronomon</i> (Bergstrasser)
<i>Argyronome laodice</i> (Pallas)	

2) 식물상 및 생태계 분석

북천에 서식하고 있는 수목은 모두 27종으로서, 이들 수종은 인위적 식재에 의한 수종과 자생한 수목으로 분류될 수 있으며, Fig. 9와 Table 6에서는 북천 인근에 서식하는 식물상의 분포현황을 조사하여 기술하였다. 인위적으로 식재한 수목은 주로 북천에 접하여 양안에 개설되어 있는 도로에 가로수로서 주로 벚나무와 그 하목으로 식재된 개나리, 무궁화 등의 수종을 꼽을 수 있으며, 구황교 주변의 둔치 잔디밭에 경관용으로 식재된 유카, 향나무 등의 수종을 들 수 있다. 특히, 구황교의 동쪽 제방에는 철쭉, 향나무, 조릿대, 영산홍, 등의 수목이 밀집되게 식재되어 있어 양호한 수림대를 형성하고 있다. 북천에 자생적으로 서식하는 수목은 보문교 남단의 갈대밭에 리기다소나무, 아카시아, 양버들 등으로서 이들 수종은 이 지역의 지질적 천이가 초지화 단계에서 삼림화 단계로 전이되어 가고 있음을 나타내고 있다. 또한, 고수 부지에 독립수로 서식하고 있는 왕버들은 고수부지의 그늘 조성에 사용될 수 있는 개연성을 보여주고 있다.

북천은 자연스럽게 형성된 다양한 하천단면으로 말미암아, 갈대식물역, 연수목역, 경수목역 등의 식생환경대가 형성되어 있고 약 48종의 초화류가 서식하고 있는 것으로 조사되었으며, Table 7과 Fig. 10에 나타내었다. 이러한 식생환경대는 다양한 생물이 서식할 수 있는 조건을 갖추고 있기 때문에 가급적 보존 또는 보전할 필요가 있다. 그러나, 북천은 하천의 지형적 특성으로 말미암아 360일 이상, 거의 연중 침수되는 수생식물역은 거의 형성되어 있지 않아 부엽 및 부유식물, 수생식물이 서식할 수 있는 환경 조건은 갖추지 않고 있다. 북천에는 일년 중 150일 이상 침수되는 하안으로 특징되는 갈대 식물역은 북천의 상류 쪽으로 올라갈수록 잘 형성되어 있는 것으로 나타났으며, 특히 Fig. 10의 C-1, C-2, C-3, C-5 지역에 많이 서식하고 있으며, 이 갈대 식물역은 하안의 침식이나 퇴적이 많이 일어나는 구역으로 물의 자정능력이 있는 중요한 구역이다. 따라서 이 구역은 잘 보존될 수 있도록 과대한 시설은 피하여야 할 구역이다. 이 갈대구역과 관련하여 습지가 조성되어 있는 지역에는 고마리, 개여뀌, 등의 습지성 초화류가 광범위하게 자생하고 있다.

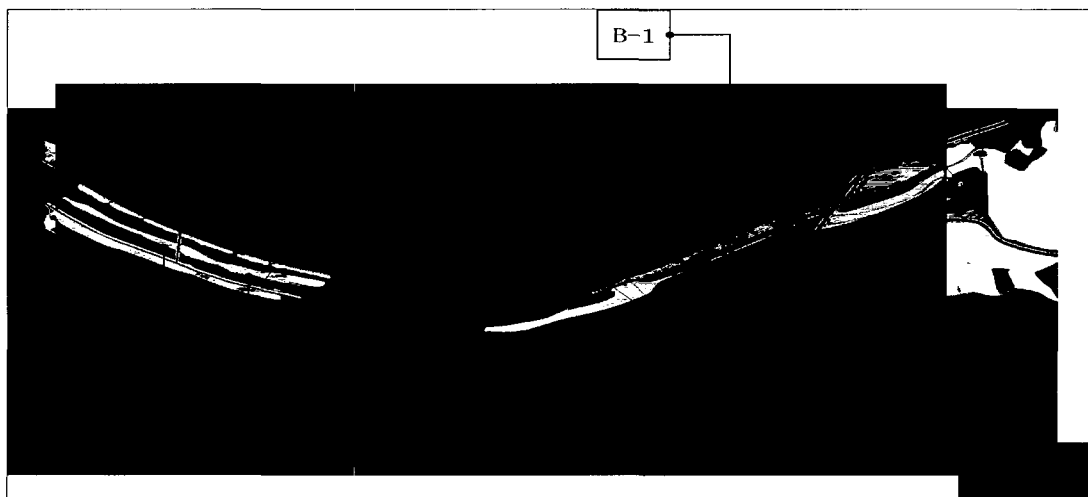


Fig. 9. The key map of the distribution with tree community in Bukchun and its surroundings.

Table 6. Trees community lived in Bukchun and its surroundings

Kinds		Scientific name
Trees community	Deciduous tree	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (MAXIM.) WILS.
		<i>Albizia julibrissin</i> DURAZZINI
		<i>Lagerstroemia indica</i> LINNE
		<i>Ailanthus altissima</i> SWINGLE
		<i>Robinia pseudo-acacia</i> LINNE
		<i>Disopyros lotus</i> LINNAEUS.
		<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i> HARA
		<i>Salix koreensis</i> ANDERSS
		<i>Zelkova serrata</i> MAKINO
	Evergreen tree	<i>Thuaja orientalis</i> LINNE
		<i>Pinus parviflora</i> SIEB. et ZUCC
		<i>Juniperus chinensis</i> LINNE var. <i>kaizuka</i> HORT
		<i>Juniperus chinensis</i> LINNE
		<i>Pinus rigida</i> MILLER
	Deciduous shrub	<i>Forsythia koreana</i> NAKAI
		<i>Ligustrum obtusifolium</i> SIEB. et ZUCC
		<i>Rhododendron schlippenbachii</i> MAX.
		<i>Rhododendron lateritium</i> PLANCH
		<i>Populus nigra</i> var. <i>italica</i> (MUENCH.) KOEHNE
		<i>Rosa centifolia</i> LINNE
		<i>Hibiscus syriacus</i> LINNE
	Evergreen shrub	<i>Euonymus japonica</i> THUNB
		<i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i> NAKAI
		<i>Zoysia japonica</i> STEUD.
		<i>Cosmos bipinnatus</i> CAV.
	Others	<i>Yucca gloriosa</i> LINNE
		<i>Sasa purpurascens</i> (HACK.) OHWI

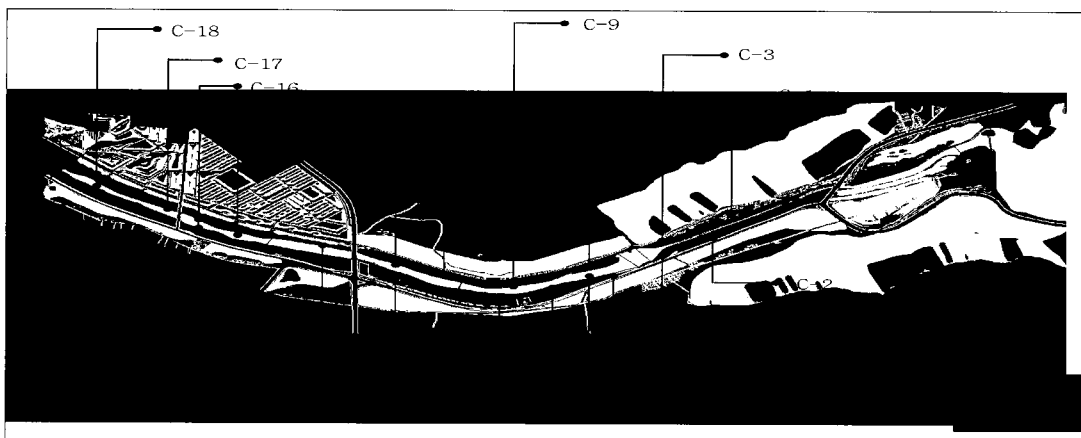


Fig. 10. The key map of the distribution with wild weed flora in Bukchun and its surroundings.

Table 7. Flowering plant community lived in Bukchun and its surroundings

No.	Scientific name
1	<i>Polygonum thunbergii</i> SIEBOLD. et ZUCCARINI
2	<i>Persicaria blnmei</i> GROSS
3	<i>Phragmites communis</i> TRIN
4	<i>Phragmites japonica</i> STEUD
5	<i>Acalypha australis</i> LINNE
6	<i>Aconogonum polymorphum</i> (Ledeb.)T.Lee
7	<i>Cosmos bipinnatus</i> CAV.
8	<i>Humulus japonicus</i> SIEBOLD et ZUCCARINI.
9	<i>Kummerowia striata</i> (Thunberg.)Schindler.
10	<i>Trifolium lupinaster</i> Linne.
11	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.)Spach.
12	<i>Polygonum aviculare</i> Linne.
13	<i>Amaranthus lividus</i> Linne
14	<i>Portulaca oleracea</i> Linne.
15	<i>Stellaria aquatica</i> Scop.
16	<i>Rannuculus chinensis</i> Bunge.
17	<i>Menispermum dauricum</i> De Candolle.
18	<i>Equisetum arvense</i> LINNAEUS.
19	<i>Metaplexis japonica</i> (THUNBERG) MAKINO
20	<i>Rumex crispus</i> LINNE.
21	<i>Polygonum perfoliatum</i> LINNE
22	<i>Persicaria sieboldi</i> OHKI.
23	<i>Digitaria sanguinalis</i> (LINNE) SCOPOLI.
24	<i>Panicum miliaceum</i> LINNAEUS.
25	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> BENTHAM.
26	<i>Echinochloa crus-galli</i> (LINNE.) BEAUV.
27	<i>Youngia japonica</i> (LINNEE.) DC.
28	<i>Rorippa islandica</i> (OED.)BORB.
29	<i>Potentilla paradoxa</i> NUTT.
30	<i>Arenaria serpyllifolia</i> LINNE.
31	<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i> OHWI.
32	<i>Commelina communis</i> Lannaeus.
33	<i>Setaria viridis</i> (LINNE.) BEAUV.
34	<i>Juncus effusus</i> LINNE var. <i>decipiens</i> BUCHEN.
35	<i>Plantago asiatica</i> LINNAEUS.
36	<i>Galium spurium</i> LINNAEUS.
37	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> DESCOURTILS.
38	<i>Aster ciliatus</i> KITAMURA.
39	<i>Erigeron annuus</i> (LINNE.) PERS.
40	<i>Erigeron canadensis</i> LINNAEUS.
41	<i>Matricaria maritima</i> subsp. <i>limosa</i> (MAXIMOWICZ) KITAMURA.
42	<i>Artemisia selengensis</i> TURCZ.
43	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (PAMPAN.)HARA.
44	<i>Artemisia argyi</i> LEV. et VNT
45	<i>Bidens frondosa</i> LINNAEUS.
46	<i>Cirsium maackii</i> MAXIMOWICZ.
47	<i>Taraxacum officinale</i> WEBER.
48	<i>Ixeris dentata</i> (THUNBERG.) NAKAI.

일년 중 150일 미만으로 침수되는 구역인 연수목역은 주로 추이대 외곽의 육지지역으로서 다양한 식생이 자생하고 있는 것으로 나타났다. Fig. 10의 C-2, C-3, C-5, C-6, C-7 지역에는 개비름, 질경이, 달뿌리풀, 강아지풀, 닭의 장풀, 등 다양한 초화류가 출현하고 있었다. 그러나, 연수목역에서 제방쪽으로 조금 나아가면 망초, 개망초 등의 건지성 외래 수종이 일부 출현하고 있어 하천의 건천화를 엿볼 수 있게 하였다. 일년 중 30일 이내로 침수되는 경수목역에는 환삼덩굴, 여뀌 등의 초화류가 서식하고 있는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 바탕으로 북천지역 생물의 먹이사슬 구조분석을 실시한 결과, 북천은 다음과 같은 생태구조를 가지고 있는 것으로 조사되었다. 일반적으로 하천이나 호 등의 습지에서의 생태구조는 크게 2개의 먹이사슬 구조를 지니고 있다. 첫째 구조는 식물 플랑크톤을 동물 플랑크톤이 먹고, 다시 동물 플랑크톤을 소형어류가 먹고 이 소형 어류는 중·대형 어류나 조류에 의해 먹힘을 당하는 구조를 가지고 있다. 둘째 구조는 수서곤충이 소형어류에 의해 먹힘을 당하고, 이 소형어류는 다시 중·대형의 어류나 조류에 의해 먹힘을 당하는 구조이다. 이와 같은 먹이사슬 구조를 통해 북천의 생태구조를 살펴보면, 갈대류, 고마리 등의 습생 식물로부터 생산되는 식물 플랑크톤을 동물 플랑크톤이 잡아먹고, 이 동물 플랑크톤을 붕어, 미꾸라지 등 북천에서 발견되는 소형 어류들이 잡아먹는다. 이 소형 어류들은 다른 대형의 어류들이 서식하지 않는 까닭으로 곧 바로 중백로, 왜가리, 물총새 등의 조류에 의해 포식되는 구조를 갖는다. 이와 함께 잠자리, 메뚜기, 나비 등의 육상 곤충은 일부는 애벌레로서 소형 어류의 먹이가 되지만, 성충이 된 후로는 참새, 등의 조류와 뱀, 거미 등에 의해 포식되는 구조를 갖는다. 먹이사슬 구조를 통해본 북천의 생태환경은 왜가리 및 중백로 등의 조류가 최고의 영양생물로서 존재하는 일종의 비토타프로 구성되어 있다.

따라서 북천상류 지역은 생태적 교란이 되지 않고, 보다 많은 종이 다양하게 서식할 수 있도록 서식조건을 보다 철저히 관리해 나가야 할 것으로 판단되며, 자연학습단지 조성시에도 보존 위주의 공간확보와 함께 자연 친화적인 접근방안을 모색하여야 할 것으로 사료된다. 또한, 먹이사슬 구조를 통해본 북천의 생태환경은 왜가리 및 중백로 등의 조류가 최고의 영양생물로서 존재하는 일종의 비토타프로 구성되어 있다. 따라서 향후 북천지역 자연학습 체험단지의 조성은 이러한 서식환경과 생태조사 결과를 적극적으로 반영하여야 할 것으로 사료되며, 향후 개발계획은 문화, 환경, 생태적인 면을 보다 적극적으로 고려해 나가야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 북천 자연학습 체험단지 조성을 위한 기본계획 수립에 필요한 북천의 하상조사 및 분석, 기상 및 대기질 분석, 생물의 먹이사슬 구조 및 생태구조를 분석하였다. 또한, 북천의 지리적 현황과 자연형 하천관리를 위한 기초자료를 마련하고자 하였다. 학술적 조사결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 북천의 하상구배는 1/200~1/300이며, 홍수시 하천 유속이 극심하여 국지적으로 극심한 하상 쇄굴현상을 보이고 있다.
2. 경주시 대기질 현황조사 결과 SO₂는 0.011~0.017ppm, CO는 0.8~1.5ppm, NO₂는 0.013~0.019ppm, O₃는 0.013~0.020ppm, TSP는 85~142 μ g/m³, PM-10은 47~90 μ g/m³, Pb은 0.057~0.129 μ g/m³의 분포를 나타내었다.
3. 경주시 전역의 대기질 상태는 모두 낮은 오염도를 나타내었고, 전 지점 모두 대기환경보전법상 기준치 이하인 것으로 나타났다. 또한,

포항시와 울산시 대기질과 비교한 결과, 보문 및 천군지역을 포함한 경주 지역기상이 인근도시와 비교하여 상대적으로 양호한 것으로 판단된다.

4. 북천상류 지역은 생태적 교란이 되지 않고, 보다 많은 종이 다양하게 서식할 수 있도록 서식조건을 보다 철저하게 관리해 나가야 할 것으로 판단되며, 자연학습단지 조성시에도 보존 위주의 공간확보와 함께 자연 친화적인 접근방안을 모색하여야 할 것으로 사료된다.

5. 먹이사슬 구조를 통해본 북천의 생태환경은 왜가리 및 증백로 등의 조류가 최고의 영양생물로서 존재하는 일종의 비토톱으로 구성되어 있으며, 서식환경과 생태조성을 확인한 결과 자연학습 및 체험단지를 조성시에는 문화, 환경, 생태적인 면을 충분히 고려하여야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Jong-Hyeon Jung, Byung-Hyun Shon, Kyung-Sun Yoo, Kwang-Joong Oh, : "Physicochemical characteristics of waste sea shell for acid gas cleaning absorbent", Korean J. Chem. Eng., 17(5), pp. 585-592, 2000.8.
2. 최석규 : 형산강수질조사 및 친수환경 공간확보에 관한 연구. 경주상공회의소 논문집, 1997.
3. R. Amavis & J. Smeets : Principles and methods. For determining ecological criteria on hydrobiocenoses, proceedings of the European scientific colloquium Luxembourg, November 1975, Pergamon Press, 1976.
4. 최석규, 최상준, 이동웅 : 형산강 경주권 수계의 수질현황. 경주연구 논문집, 7집, 1998.
5. 최석규 : 형산강의 자연환경과 친수환경공간. 경주문화원 논문집, 2집, 1997.
6. 서울시정개발연구원 : 자연형 하천으로의 정비방안 연구. 1996.
7. 포항제철 : 형산강 수질환경 조사연구. 포항지역사회연구소·서라벌대학 환경산업연구소·경주환경운동연합, 2002.
8. M.W.Holdgate, M. J. Woodman : The breakdown and restoration of ecosystems). Plenum Press, New York, 1978.
9. Nemerow, Nelson Leonard : Scientific stream pollution analysis. McGraw-Hill Book Company, Washington, 1974.
10. E. J. W. Barrington : Environmental biology. Edward Arnold Ltd, 1980.
11. 건설교통부 : 도시하천의 하천환경 정비기법의 개발, 1995. 12.
12. 건설부, 자연형 하천 계획 기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사·연구. 1994.
13. 이삼희, 바람직한 하천환경 관리 및 정비방안. 국토정보, 1995. 11.
14. 과학기술처 : 오염심화 소하천의 정화기술 실용화. 1991.
15. (사)하천환경관리재단 : 해설 하천환경(일서). 산해당, pp4, 1994.
16. (사)하천정비센타 : 천의 풍경을 고려한 경관설계(호안). 가이드라인(일서), 산해당, 1995.
17. 경주시 : 경주 천군쓰레기 매립장 주변 환경성 영향조사. pp1-14, 2001.
18. 경주시, "통계연보". 2000
19. 기상청 : 기상연보. 1991~2000.
20. Annual meteorological report : 1991~2000.
21. 정종현, 최석규, 김영오 : 경주·포항·울산권역 기상 및 대기질 조사. (재)한국환경민간단체진흥회·경주환경운동연합, Journal of the Environmental Research, pp. 31-49, 2001.
22. 현명숙, 정우식, 이화운 : 대기오염물질의 중거리 수송과 관련된 경주지역의 고농도 현상에 관한 연구. 한국환경과학회 춘계학술발표회, 2001.

23. 이승일 : 경주지역 문화재 보존을 위한 대기 환경질 조사 I. 서라벌대학 논문집, 1999.
24. 김용준 : 국가 대기오염물질 배출원 자료체계 구축방안. 한국환경기술개발원 환경포럼 2(6), 1995.
25. 문광순 : 캐나다에서의 산성우 문제와 대책. 제 20회 세계환경의 날 국제세미나 국립환경연구원, p. 101-116, 1998.
26. 정성웅, 허인애, 배정오, 고경식 : 대기오염과 산성비에 의한 피해조사 및 평가에 관한 연구(II-2)-산림생태계에 미치는 영향을 중심으로. 국립환경연구원보 14, 35-44, 1992.
27. 송승달, 정화숙 : Effect of simulated acid rain on the growth and nitrogen fixation of *Melilotus suaveolens*. Korean J. Ecol. 21(1), 65-72, 1998.