

## 농촌지역 소하천의 환경성 평가 연구

— 홍성군 홍동천을 사례로 —

강방훈<sup>1)</sup>, 손진관<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>2)</sup> 단국대학교-농촌진흥청 학연합동과정

### The Study on the Evaluation of Environment Function at Small Stream

— In the Case of Hongdong Stream in Hongsung-gun —

**Kang, Banghun<sup>1)</sup> and Son, Jin-Kwan<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> National Academy of Agricultural Science,

<sup>2)</sup> Relationship of Dankook University & Rural Development Administration.

#### ABSTRACT

This study was conducted to understand the environmental and ecological function of habitat through evaluation of water environment, soil environment, vegetation characteristics, macro-invertebrate characteristics, and visual habits environment evaluation (SVAP) in Hongdong stream located in Hongseong-Gun, Chungnam Province, and hereafter to utilize the results for the habits reconstruction and improvement project.

As the results of water quality analysis, BOD, COD, T-P was almost below the standard quality from upper stream to down stream. The construction of small reservoir, wetland and water purification facility, and the management of non-point pollution are proposed to improve these problems. The soil texture was sandy soil, which is unfitted with vegetation development. The construction of shallows

---

\* 본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ006869012011)의 지원에 의해 이루어진 것임.

**First author** : Kang, Banghun, National Academy of Agricultural Science, RDA,  
Tel : +82-31-290-0281, E-mail : ipmkbh@korea.kr

**Corresponding author** : Son, Jin-Kwan, Relationship of Graduate School, Dankook University (Ph. D. Course) &  
National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration,  
Tel : +82-31-290-0281, E-mail : son007005@dankook.ac.kr

**Received** : 23 August, 2011. **Revised** : 27 September, 2011. **Accepted** : 12 October, 2011.

and bogs, and induction of soil sedimentation and biotope formation are proposed to improve these problems. In the plant flora, total 90 kinds were observed with 81 species and nine varieties in total 36 families and 85 genera, and the naturalization rate was higher at down area than upper area. As the results of macro-invertebrate fauna survey, total 26 species and 297 individuals in 20 families and 22 genera were collected. *Peltodytes sinensis*, *Chironomidae* sp., and *Culicidae* sp., which are observed at polluted environment, were collected as dominant species. An appropriate vegetation management party idea is necessary, and it is done an idea in consideration of the soil and a physical characteristic. Visual habits environment evaluation (SVAP) result was mostly determined with below normal (Fair) grade. Pollution source interception, purification pond establishment, and various bog establishment are proposed to improve these problems.

With the above results, the ecological environment was determined with bad condition, and the improvement of biotope was urgently needed through sustainable monitoring and management of streams habitat in rural area.

Key Words : *Soil, Water, Vegetation, Macro-invertebrate, SVAP.*

## I. 서 론

하천은 물이 긴 세월을 걸쳐 형성한 자연이고 각종 생물이 서식하는 biotope으로 매우 중요하므로 생물다양성의 유지, 관리 측면에서 하천의 생물 서식공간의 보호, 보전 및 복원은 더욱 중요하게 요구되고 있다(신정이 등, 1998; 강방훈 등, 2011). 이러한 하천의 생물 서식공간은 구조적 형태와 식생, 토양, 수문환경에 의해 결정되지만(이경보 등, 2003; Mitsch and Gosselink, 1993; Tiner, 1999; 손진관 등, 2010), 최근의 도시화와 산업화로 인하여 축산폐수, 농경배수, 생활하수 등의 수질오염 및 토양오염에 의해 위협받아 하천 생태계의 변화를 초래하므로 그 관리는 매우 중요하다고 할 수 있다(이경보 등, 2003; 이경보 등, 1999; 김용범·임양재, 1990; 김준호 등, 1982).

우리나라의 소하천은 35,000개 이상이며, 대부분 수계망을 따라 국가하천과 연계되어 있어 도시민들의 주요 식수원이라고 할 수 있으므로 그 관리는 매우 중요하다(이승수 등, 2010). 또한 대하천과는 달리 유역의 상류에 위치해 자연적 특

성을 간직하고 있지만 농촌지역의 경우에는 농업용수 공급을 위한 이수 및 홍수예방을 위한 치수 기능에 중점을 두고 무계획적인 시공과 유지관리의 소홀로 생태환경 부분은 소홀이 취급되고 있는 실정으로 환경평가와 더불어 개선방안의 수립이 필요하다(오대석, 2008; 임승빈·이춘석, 2000). 최근 들어 '생태하천' 조성이 전국적으로 확산되고 지류·지천에 대한 정비 사업이 추진 중에 있으므로 생육환경 분석과 생태환경의 평가결과를 활용하여 개선방안이 도출되어야 한다는 주장이 제기되고 있다. 이러한 소하천 정비는 하천 원래의 특성을 보전하고 건전한 생태계를 보장하도록 하는 것이며(권일순, 2007), 하천복원의 경우 본래의 자연환경에 가깝게 복원하는 하천호안 복원방향이 제시된 바 있다(김재우, 1998; 허진, 2009).

국내 소하천 정비의 경우 소하천정비법을 제도적 기틀로 하여 여러 가지 자연형하천 공법들이 계획·시공되고 있으며(행정안전부, 2011), 이수 및 치수, 자연경관과 생태환경이 조화롭게 정비되고 있다(윤정환, 2007). 하지만 하천환경에 관한 자료가 부족한 실정이며, 자연형하천 및 소하천의 적용성 분석에 대한 자료는 더욱이

미비한 실정에 있다(행정자치부·국립방재연구소, 2002).

농촌지역의 소하천은 생활환경 뿐 아니라 지역의 농업생산 활동과 밀접한 관계를 가지고 있어 소하천 정비계획 수립 시 오염원에 대한 분석이 포함되어야 한다. 이를 위해서는 농업, 축산업 등 농업생산기반의 특성에 따라 정밀한 검토가 동반되어야 할 것이다.

본 연구의 대상지인 홍동천은 충남 홍성군 홍동면 일대의 친환경농업지구에 위치하여 삼교천으로 유입되는 소하천이며, 연구대상지 유역은 대체적으로 다른 지역에 비해 축산활동이 매우 활발하고 부적절한 방법의 가축배설물 처리 등으로 인해 수원지인 홍동저수지의 수질기준은 매우 열악한 것으로 알려져 있다(농업과학기술원·환경정책평가연구원, 2004).

따라서 본 연구에서는 홍동천의 수질환경을 분석하여 수질오염 저감 및 개선방안을 찾는 한

편, 토양환경 특성을 알아보았다. 또한 소하천의 식생특성 및 저서성대형무척추 동물 군집특성을 조사하여 생육환경과의 관련성을 찾아보았고, 생태환경 평가를 통해 홍동천의 환경의 질을 평가하였다. 이를 통해 소하천인 홍동천의 환경성의 정도를 알아보는 한편, 이를 활용하여 추후 소하천의 생태복원 및 개선사업에 활용하고자 연구를 진행하였다.

## II. 조사 및 분석방법

### 1. 연구대상지 개황

연구는 충남 홍성군 홍동면의 홍동천을 대상으로 하였으며, 범위는 홍동저수지의 하류로부터 홍동면 중심부에 이르는 4.7km로 정하고 하천제방 구조 및 수로폭, 유입수의 유무 등의 기준을 바탕으로 상, 중, 하로 구분하여 조사 및 분석을 실시하였다. 이춘석과 리순애(1997)의 농촌마을

Table 1. The present condition at study site<sup>1)</sup>.

Location	Crossing Type	Low Rivetment	High Rivetment	Type	Code
Up stream	Slope	Natural riverside	Natural riverside		SA1
			Wire cylinder work		SA6
Mid stream	Slope	Natural riverside	Closed nature vegetation rivetment		SA2
		None structure			SH2
Dow stream	Slope	None structure	Natural riverside		SH2
			Closed nature vegetation rivetment		SH2

\*1) 배정희 등(2008)의 하천제방구조 유형구분.

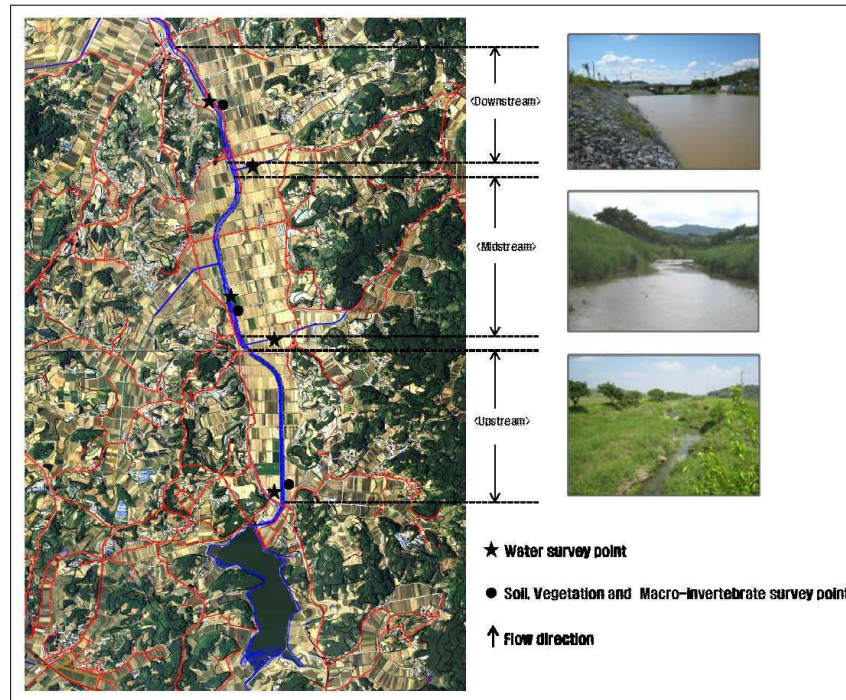


Figure 1. Study sites.

소하천 유형구분에 의한 분류는 ‘마을 내부 관통형’으로 확인되었으며, 주변토지이용은 논, 밭, 도로, 가옥 등이고 대체로 축사가 많이 분포하였다.

## 2. 연구방법 및 분석

수질환경은 2010년 5월 26일에 총 7항목(pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P)에 대해 TPS사의 90-FL, Pastel UV의 현장측정과 수질오염공정시험방법(환경부, 2008)의 기준으로 분석하고 환경정책기본법(환경부, 2010a)의 환경기준과 비교평가하였다.

토양시료의 채취는 수로의 가장자리 식생이 분포하는 퇴적토를 채취하였으며, 토양오염도는 토양오염공정시험법(환경부, 2000)에 따라 분석하고 분석결과는 토양환경보전법 시행규칙 토양오염우려기준(환경부, 2010b)과 비교평가하였다. 토양의 물리적 특성은 토성, 토양삼상분포를 조사·분석하였으며, 분석결과는 Admiraal et al.(1997), 조강현(1992)의 조사결과 및 습지토양

평가지표와 비교·평가하였다. 토양의 화학적 특성은 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 따라 분석하였다.

연구대상지의 식생조사는 2010년 9월에 실시하였다. 학명과 동정은 이창복(2006)의 원색 대한식물도감과 이영노(2006)의 새로운 한국식물도감을 활용하였으며, 귀화식물은 김종원과 이윤경(2006)이 새롭게 정리한 39과 163속 290종을 대상으로 분석하였다. 출현 귀화식물은 귀화도등급과 이입시기, 생활형을 분석하고, 귀화율(Naturalized Ratio)은 연구대상지의 조사시기별 출현종을 바탕으로 조사대상지의 총 출현종에 대한 출현귀화식물의 비로 계산하였다(沼田 眞, 1975). 도시화지수(Urbanization Index)는 연구대상지의 조사시기별 출현종을 바탕으로 우리나라 귀화식물 290종에 대한 대상지 출현귀화식물의 비로 계산하였다(임양재·전희식, 1980).

저서성대형무척추동물의 정량채집은 전국 내륙 습지조사지침에서 제시한 방법에 준하여(환경부

**Table 2.** The analysis method of environment evaluation on flora and fauna.

Analysis		Method	Explanation
Vegetation	Naturalized Ratio	$(n / N) \times 100$	n : Number of Naturalized Plant Species, N : Number of Plant Species
	Urbanization Index	$(n / N) \times 100$	n : Number of Naturalized Plant Species, N : Number of Naturalized Plant Species in Korea
Macro-invertebrate	Dominance Index	$(n1 + n2) / N$	n1 : Number of individuals Dominant Species, n2 : Number of individuals Subdominant Species, N : Number of Total Species
	Diversity Index	$-\sum [(ni / N) \times (\ln ni / N)]$	ni : Number of individuals belonging to i species N : Total number of individuals
	Species Richness Index	$(S-1) / \ln N$	S : Total number of species N : Total number of individuals
	Evenness Index	$H' / H'max$	H' : The observed value of Shannon index, H'max : $\ln S$ , S : Total number of species
	ESB Index	$\sum (ni \times i)$	i : Grades of ESB (i=1 ~ 4) Ni : Number of i grade species

등, 2006), 2010년 5월 25에 Aquatic kick net(U.S EPA approved)을 이용하여 지점 당 3곳을 선정하여 실시하였다. 채집된 개체는 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)과 논 생태계 수서무척추동물도감(농업과학기술원, 2006)을 이용하여 현장에서 동정 및 계수하여 군집분석 하였으며, 미 동정종은 Ethyl alcohol에 고정하여 실험실로 운반하여 동정하였다. 군집분석은 우점도지수

(Dominance Index : McNaughton's dominance index; McNaughton, 1967), 다양도지수(Diversity Index : Shannon-Wiever Function; Pielou, 1969), 풍부도지수(Species Richness Index : Richness index; Margalef, 1958), 균등도지수(Evenness Index : Evenness index; Pielou, 1975) 그리고 환경질의 평가와 생태환경 관리기준의 판정을 위한 ESB(Ecological score of benthic macroinvertebrate

**Table 3.** The analysis method of environment evaluation using the ESB.

Environmental quality evaluation				Saprobity evaluation	
ESB	Environmental condition	Area determination	Water quality	ESB	Determination
81 ~	Very Satisfactory	First Priority Protection Waters	I	51 ~	Oligosaprobic
61 ~ 80	Satisfactory	Priority Protection Waters			
41 ~ 60	Some Satisfactory	Protection Waters	II	21 ~ 50	β-mesosaprobic
26 ~ 40	Some Defectiveness	Improvement Waters			
13 ~ 25	Defectiveness	Priority Improvement Waters	III	9 ~ 20	α-mesosaprobic
~ 12	Very Defectiveness	First Priority Improvement Waters	IV ~ V	~ 8	Polysaprobic

Table 4. The assessment items of SVAP method.

Methods	Assessment Items
SVAP (USDA, 1998)	1. Channel condition, 2. Hydrologic alteration, 3. Riparian zone, 4. Bank stability, 5. Water appearance, 6. Nutrient enrichment, 7. Barriers to fish movement, 8. Instream fish cover, 9. Pools, 10. Invertebrate habitat, 11. Macroinvertebrates, 12. livestock excretions

\* Grade : SVAP (>9.0 : Excellent, 7.5-8.9 : Good, 6.1-7.4 : Fair, <6.0 : Poor).

community; 저서성대형무척추동물 생태점수)지수를 산출하였으며, 산출된 ESB 지수를 바탕으로 환경질 및 오수생물계열의 평가를 실시하였다(환경부 등, 2006).

하천의 생태환경평가는 약간의 지식과 교육만을 통해서도 조사가 가능하고 토지소유자 및 토지이용과 관련된 사람들이 직접 조사를 시행할 수 있도록 마련된 기법인 미국 농무성 자연자원 보전국(USDA-NRCS)의 소하천 시각적 하천 자연도 평가 법(SVAP : Stream Visual Assessment Protocol)을 활용하였다. 시각적 하천 자연도 평가 법은 하도 조건 등 15개 항목으로 되어 있으나 본 연구에서는 사례조사 대상지의 조건에 부

적합하다고 판단되는 3개 항목을 뺀 12개 항목에 대한 평가를 수행하였다. 평가는 3인의 전문 조사자가 현장조사를 수행하여 얻은 평가치의 평균을 취하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 수질환경 분석

홍동천의 수질분석 결과 pH와 DO, SS의 경우 환경정책기본법의 수질환경과 비교해 보면 대체적으로 농업용수 사용 수질기준 이내로 조사되었다(환경부, 2010a). pH의 경우 7.05 ~ 7.93의 범위로 모든 대상지에서 양호한 편으로 조사되었으

Table 5. The analysis results of water qualities at study sites.

Survey Date / Location	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	
	(1 : 5)	(mg/L)						
May	Upstream	7.93	4.66	5.2	12.1	27.6	2.50	0.170
	Inlet 1	7.67	4.25	33.0	40.5	46.0	11.28	1.018
	Mid-stream	7.58	4.68	25.2	54.5	24.0	4.50	0.318
	Inlet 2	7.37	4.35	over range	over range	over range	5.84	0.300
	Downstream	7.44	3.25	31.0	67.0	47.0	7.89	0.353
July (Rain)	Upstream	7.05	3.57	18.3	40.6	13.3	2.17	0.201
	Inlet 1	7.52	5.20	over range	over range	over range	7.35	1.231
	Mid-stream	7.09	3.25	34.0	72.5	48.8	7.13	0.320
	Inlet 2	7.24	2.47	55.3	118.3	65.5	6.15	0.469
	Downstream	7.38	4.32	38.1	81.1	56.6	10.44	0.488
Sep.	Upstream	7.27	5.77	31.8	68.0	2.5	2.77	0.351
	Inlet 1	7.35	4.02	29.7	72.2	34.5	7.65	0.238
	Mid-stream	7.13	6.13	25.4	58.5	4.3	6.66	0.302
	Inlet 2	7.46	7.02	26.8	15.4	42.0	7.39	0.251
	Downstream	7.60	5.47	28.5	18.6	24.4	4.97	0.290

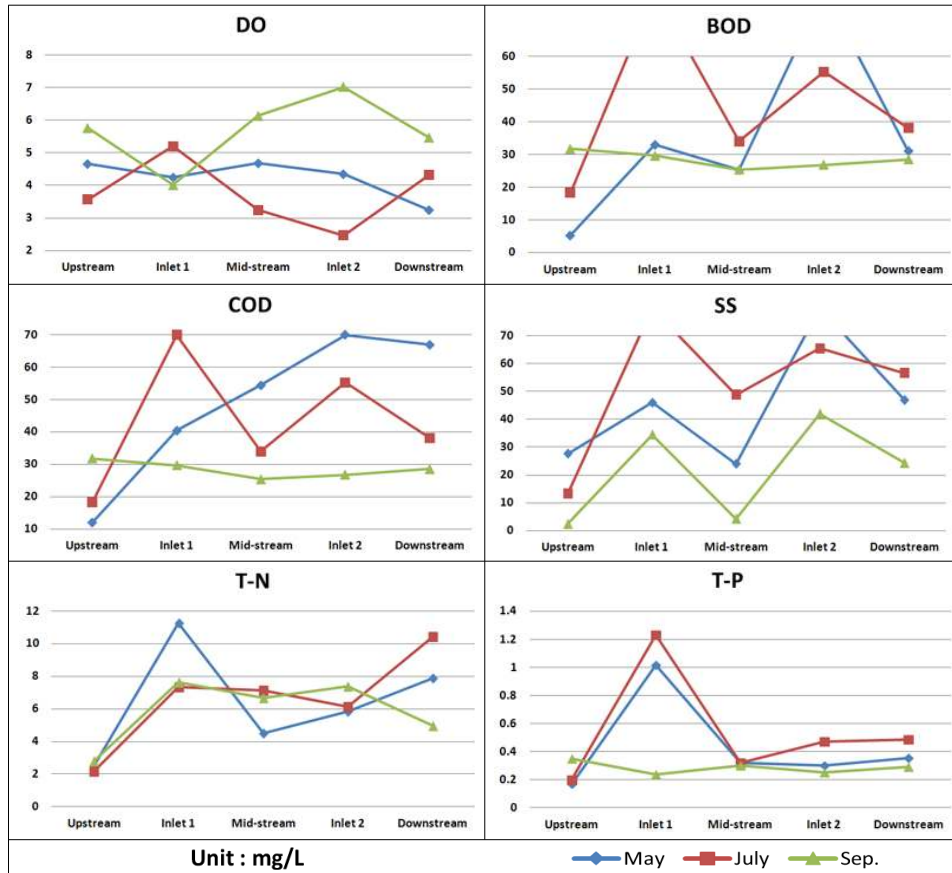


Figure 2. The analysis results of water qualities at study sites.

며, DO의 경우 2.47 ~ 7.02mg/L의 범위로 5월의 조사 시 보다 9월의 조사에 약간 높게 분석되었고 강우 시 평균보다 약간 낮은 산소농도를 나타냈다.

반면, BOD, COD, T-P의 경우 환경정책기본법 환경기준과 비교해 보면 상류부터 하류까지 거의 대부분의 수질이 기준에서 벗어나 수질오염이 심각한 것으로 조사되었다(환경부, 2010a). BOD 분석결과 5월 상류지점 한 곳에서 5.2mg/L로 농업용수 기준에 부합 할 뿐 나머지 모든 지점에서 18.3mg/L에서 분석기기의 측정범위를 초과 할 정도까지 분석되어 수질오염에 대한 체계적인 관리방안의 수립이 필요 할 것으로 판단된다. 조사 지점별로 살펴보면 홍동천으로 유입되는 지천의 유입1, 유입2에서 각각 5월과 7월에 BOD, COD,

SS가 분석불가능 수준으로 심각한 수준의 수질이 유입됨을 알 수 있다. 이로 인해 상류에서 하류로 갈수록 수질이 나빠지는 것으로 유입지천에 대한 수질개선방안인 저류지, 습지, 수질정화시설의 설치 등을 모색하여 유입수가 1차 정화되어 유입되도록 해야 할 것으로 판단된다(안태웅 등, 2009; 김성원 등, 2008; 최지연 등, 2009; 손현근 등, 2008; 손명덕 등, 2007). 조사시기별로는 7월의 강우유출 시 수질이 가장 좋지 않은 것으로 나타났으며, 이것은 주변유역의 축사로부터의 비점오염을 제시한 선행연구의 결과와 같은 현상으로 강우유출 시 비점오염원이 직·간접적으로 하천으로 유입되는 것을 차단·개선할 수 있는 시설 및 제도를 고려해야 할 것으로 판단된다(농업과학기술원과 환경정책평가연구원, 2004).

Table 6. The analysis results of soil physical properties at study sites.

Location	Texture	Particle size (%)			Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Three phase of soil (%)		
		Sand	Silt	Clay		Solid	Gas	Liquid
Upstream	Sand	92.2	3.7	4.1	1.52	58.5	1.5	40.0
Mid-stream	Sand	97.0	0.1	2.9	1.72	65.3	12.6	22.1
Downstream	loamy Sand	82.7	14.2	3.2	1.45	55.2	8.6	36.2

## 2. 토양환경 분석

연구대상지의 토성분포는 대체로 모래함량이 높은 Sand 계통으로 분석되었으며, 조강현(1992)의 적합한 습지토양범위(모래함량 55~60%)와 손진관 등(2010)의 농지습지 정수식물대 토성범위(모래 48.5%, 미사 38.9%, 점토 12.6%)와 비교해 보았을 때 연구대상지의 토성분포는 습지식생이 발달하기에는 부적합한 것으로 보인다. 따라서 수질정화를 위한 습지조성에는 연구대상지의 토양을 활용하기에는 부적절 할 것으로 판단되므로 소하천의 중심과 가장자리에 이르는 소와 여울을 적절히 조성하여 토양의 퇴적 및 그를 활용한 비오톱을 유도해야 할 것으로 판단된다(櫻井喜雄, 2003).

토양의 화학적 특성도 마찬가지로 물리적 특성과 더불어 습지 및 비오톱으로 창출시키기 위한 적정범위를 설정하여 점진적으로 발달시킬 필요가 있으며, 하류로 갈수록 낮아지는 pH 농도의 원인을 찾아볼 필요가 있다고 판단된다.

김현규(1999)가 제시한 인공습지 조성 시 바람직한 토양화학성의 기준과 비교해 보면 대부분의 분석항목이 습지식생 조성기준 이상의 범위이므

로 하천변 수변완충대 및 인공습지 조성 필요 시 물리적 특성만 개량된다면 화학적 특성의 경우 특별한 개량 필요 없이 사용가능 할 것으로 판단된다.

토양환경보전법(환경부, 2010b)의 토양오염우려기준에는 사람의 건강, 재산이나 동식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 기준으로 지목에 따라 3가지등급을 설정하였으며, 하천의 경우 2지역의 기준에 비교·평가하게 되어있다. 납의 경우 4.23~8.34mg/kg의 범위로 기준에 비교하면 약 1/95~1/48의 수준이며, 구리 1/40~1/13, 니켈 1/24~1/10, 아연 1/20~1/7의 수준으로 검출되었고 카드뮴, 비소, 수은의 경우 검출되지 않거나 흔적의 정도에 불과한 것으로 분석되었다. 이와 같이 본 연구대상지의 토양오염도 분석 결과는 기준에 비교하면 대체적으로 기준에 비해 낮은 수치로 조사되었다. 하지만 농업생태계의 오염물질 증가는 인간에게 직접적으로 영향을 미칠 수 있으므로 지속적으로 양호한 상태가 유지 될 수 있도록 관찰해야 할 것으로 판단된다(Admiraal et al., 1997).

Table 7. The analysis results of soil chemical properties at study sites.

Location	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	T-N (%)	C.E.C	Ex. Cation(cmol/kg)			
							Ca <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Upstream	7.0	0.38	31	177	0.09	6.9	4.9	0.11	1.0	0.26
Mid-stream	6.8	0.20	17	46	0.03	2.6	1.1	0.10	0.4	0.22
Downstream	6.4	0.28	20	130	0.09	8.6	3.6	0.32	1.1	0.27
Criteria <sup>1)</sup>	5.6-6.8	0.4-0.9	14-29	11-60	0.10-0.16	-	1.7-11.8	0.1-5.0	1.0-5.0	0.14-0.2

\* 1) : 김현규(1999)의 인공습지 조성 시 바람직한 토양화학성.



Table 8. The analysis results of soil heavy metal at study sites.

Location	Pb	Cd	Cu	As	Ni	Zn	Hg	Cr <sup>6+</sup>
	(mg/kg)							
Upstream	8.34	ND	29.98	ND	19.15	74.82	0.001	ND
Mid-stream	4.23	ND	12.39	ND	8.38	29.14	0.006	ND
Downstream	7.57	ND	38.23	ND	17.17	82.62	0.002	ND
Criteria <sup>1)</sup>	400	10	500	50	200	600	10	15

\* 1) : 토양환경보전법 토양오염우려기준 2지역(지목이 임야, 염전, 대, 창고용지, 하천, 유지, 수도용 지, 체육용지, 유원지, 종교용지 및 잡종인 지역).

3. 식생분포 특성

전체 조사대상지에서 출현한 식물상은 총 36과 63속 80종 9변종으로 총 89종류(Taxa)가 확인되었다. 전체 출현종에 대한 생활형 출현비율은 표 9와 그림 2에 나타난 바와 같이 일년생식물(Therophytes)이 50종류(56.2%)로 가장 높게 출현하였으며, 접지식물(Hemicryptophytes) 19종류(21.3%), 대형지상식물(Megaphanerophytes) 10종류(11.2%), 지중식물(Geophytes) 5종류(5.6%), 소형지상식물(Nanophanerophytes)과 지표식물이 각각 2종류(2.2%), 수생식물(Hydrophytes) 1종류로 확인되었다.

출현종에 대한 과별분포는 벼과(*Gramineae*)가 19종류(21.1%)로 가장 높은 출현을 보였으며, 국

화과(*Compositae*), 콩과(*Leguminosae*), 마디풀과(*Polygonaceae*)의 순으로 높게 출현하는 것으로 확인되었다.

조사대상지에서 출현한 귀화식물은 총 9과 16속 18종으로 총 18종류(Taxa)가 확인되었으며, 하류 쪽으로 갈수록 귀화식물의 분포가 넓게 분포하여 귀화율 및 도시화지수가 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 상류에 비해 하류 쪽이 사람의 왕래가 잦고 정주지 면적이 넓은 면소재지의 특성으로 나타난 결과로 판단된다(오충현 등, 2006; 오현경 등, 2009). 귀화식물은 피복속도 및 전파력이 빠르고 자생종에 영향을 주므로 연구대상지에는 토양 및 주변 환경 특성을 고려하여 우선 제거 대상 종 선정 및 봄철 어린개체

Table 9. The number of plant taxa by taxonomic and life form at study sites.

Classification		Upstream	Mid-stream	Downstream	Total
Taxa	Family	24	25	28	36
	Generic	40	37	38	63
	Species	48	46	48	80
	Variety	7	7	5	9
	Taxa	55	53	53	89
Life Form	Megaphanerophytes	4	6	6	10
	Nanophanerophytes	1	2	1	2
	Geophytes	3	4	4	5
	Chamaephytes	1	1	1	2
	Hemicryptophytes	14	10	10	19
	Therophytes	32	30	30	50
	Hydrophytes	-	-	1	1

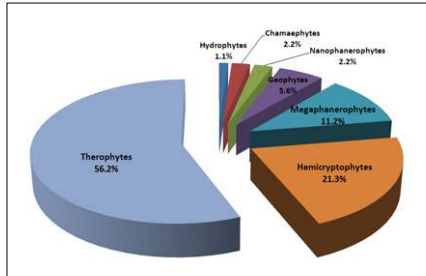


Figure 3. The ration of plant Life Form.

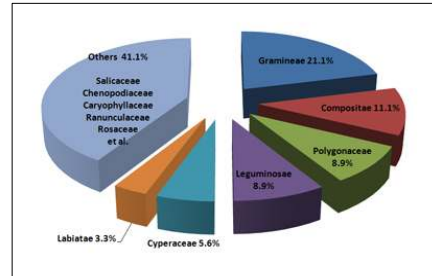


Figure 4. The ration of plant Family.

제거를 통해 점진적인 식생관리방안이 필요할 것으로 판단된다(노재현·허준, 2004; 오현경 등 2009).

가장 많이 출현한 분류군은 국화과(Compositae)로 전주 삼천천과 같은 출현분포를 보여 하천 귀화식물의 특성으로 판단된다(오현경·변무

섭, 2005).

귀화도(Degree of naturalization)는 5등급에서 1등급까지 우리나라 전체에 퍼져있는 귀화식물의 분포 양상을 말하며, 5등급으로 갈 수록 우리나라에 광범위하게 분포되어 있는 것을 말한다(강방훈 등, 2009; 김준민 등, 2000; 박수현,

Table 10. The naturalized plant list at study sites.

	Family	Botanic Name	Origine <sup>1)</sup>	Degree of Naturalized	Introduced Period	U.S	M.S	D.S
1	Gramineae	<i>Panicum dichotomiflorum</i>	nA	5	3		0	0
2	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	Eu	5	1	0		0
3		<i>Rumex obtusifolius</i>	Eu.As	3	2		0	
4		<i>Persicaria orientalis</i>	As	3	1			0
5	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ficifolium</i>	Eu	5	1		0	0
6	Caryophyllaceae	<i>Cerastium glomeratum</i>	nA	4	3	0		
7	Leguminosae	<i>Robinia pseudo-acacia</i>	nA	5	1		0	
8		<i>Amorpha fruticosa</i>	nA	5	2		0	0
9		<i>Trifolium repens</i>	Eu, nA	3	1	0	0	
10	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia supina</i>	nA	5	1			0
11	Onagraceae	<i>Oenothera odorata</i>	nA	5	1	0		0
12	Convolvulaceae	<i>Quamoclit angulata</i>	tA	3	1		0	
13	Compositae	<i>Aster pilosus</i>	nA	4	3	0	0	0
14		<i>Erigeron annuus</i>	nA	5	1	0	0	
15		<i>Erigeron canadensis</i>	nA	5	1		0	0
16		<i>Erechtites hieracifolia</i>	nA	3	3			0
17		<i>Bidens frondosa</i>	nA	5	3	0		0
18		<i>Taraxacum officinale</i>	Eu	5	1	0	0	0
Total Family : 9				5 (11Taxa)	1 (11Taxa)	5	6	7
Total Taxa : 18				4 ( 2Taxa)	2 ( 2Taxa)	8	11	12
Total Naturalized Ratio : 20.0%				3 ( 5Taxa)	3 ( 5Taxa)	14.5	18.2	22.6
Total Urbanization Index : 6.2(%)						2.8	3.5	4.1

\* 1) : U.S(Upstream), M.S(Mid-stream), D.S(Downstream), Eu(Europe), nA(north America), tA(tropical America), As(Asia).

Table 11. The number of macro-invertebrate taxa and individual at study sites.

Location	Phylum	Class	Order	Family	Genus	Species	Individual
Upstream	2	3	7	11	10	12	79
Mid-stream	1	1	4	10	11	12	89
Downstream	2	3	6	12	10	12	129
Total	3	4	9	20	20	22	297

2002). 연구대상지의 귀화식물 출현종은 5등급이 11종류로 가장 많았으며, 4등급 2종류, 3등급이 5종류로 확인되었다.

이입시기(Introduced period)는 개항이후 ~ 1921년 까지가 1기, 1922 ~ 1963년 까지 2기, 1964년 이후를 3기로 구분하며(박수현, 2002), 연구대상지 귀화식물의 이입시기는 1기가 11종류로 가장 많았으며, 2기 2종류, 3기가 5종류로 확인되었다.

4. 저서성대형무척추동물 군집특성

본 조사에서 채집된 종은 3문 4강 9목 20과 20속 22종으로 총 297개체가 채집되었으며, 절지동물문(ATHROPODA) 곤충강(INSECTA)에서 가장 많은 출현이 확인되었다. 분류군 별 출현정도를 살펴보면 ESB 등급 및 환경의 질이 떨어지는 모기, 파리류의 파리목(DIPTERA)이 6종으로 가

장 많은 출현종을 보였으며, 다음으로 노린재목(HEMIPTERA), 딱정벌레목(COLEOPTERA)의 순으로 확인되었다.

일반적으로 하천에서는 파리목, 날도래목 등이 우점하는 것과 같이 본 조사에서도 깔다구과(Chironmidae)의 파리목에서 가장 많은 개체군이 확인되었으며, 이것은 중국물진드기와 더불어 환경의 질이 매우 떨어지는 것으로 알려져 있다(이종욱 등, 2010; 박정호 등, 2007; Ward, 1992).

조사지점별 출현 개체군은 상류와 중류에서 중국물진드기(*Peltodytes sinensis*), 하류에서 모기류(*Culicidae* sp.)가 우점하였다. 환경의 질이 비교적 높은 ESB 4, 3등급의 출현종은 나도꼬마하루살이(*Baetis pseudothermicus*)와 방울실잠자리(*Platycnemis phillopoda*)가 출현하였으며, 두 개체군 모두 상류에서 1개체만의 출현을 보였지만

Table 12. The analysis result of environment evaluation of macro-invertebrate.

Analysis Method	Upstream	Mid-stream	Downstream	Total
Dominance Species	<i>Peltodytes sinensis</i>	<i>Peltodytes sinensis</i>	<i>Culicidae</i> sp.	<i>Peltodytes sinensis</i>
Subdominance Species	<i>Chironomidae</i> sp.2	<i>Culicidae</i> sp.	<i>Peltodytes sinensis</i>	<i>Culicidae</i> sp.
Dominance Index	0.481	0.596	0.473	0.468
Diversity Index	1.992	1.746	2.130	2.210
Evenness Index	0.635	0.557	0.679	0.705
Species Richness Index	2.975	2.451	2.675	3.864
ESB <sup>1)</sup>	1	4	4	6
	2	8	8	15
	3	1	-	1
	4	1	-	1
	ESB Index	27	20	24

\* 1) 개별종의 환경 질 등급(환경부, 2006) : 4(very clean), 3(clean), 2(polluted), 1(very polluted).

상류가 중류나 하류에 비해 환경기능은 비교적 높다고 판단할 수 있다.

다양도, 풍부도, 균등도, 우점도지수는 저서생물의 분포특성을 수치화한 것으로 환경의 질적 평가 기준이 되며(임수연, 2006), 본 조사대상지의 우점도는 상류와 하류에 비해 중류에서 높아지고 다양도와 풍부도지수는 반대로 중류에서 낮아짐을 알 수 있다. 보통 이러한 경향은 저서생물의 서식환경이 악화되었음을 나타내며(이도형 등, 2009), 이것은 중류지역의 악화된 수질의 유입을 원인으로 추측할 수 있다. 따라서 본 연구의 결과를 활용하여 중류 및 하류지역의 구조개선 및 수질개선을 통해 상류지역과 유사한 생태환경을 조성·복원한다면 최소한 상류지역 정도의 저서생물상으로의 개선을 도모할 수 있을 것으로 판단한다.

ESB 환경질의 점수를 이용하여 환경부 등(2006)의 조사지침에서 제시한 오수생물계열 및 환경질을 평가 한 결과, 상류가 27점으로 오수생물계열은  $\beta$ -중부수성( $\beta$ -mesosaprobic)이고 환경질은 다소불량(Some Defectiveness)한 개선수역임(Improvement Waters)을 나타낸다. 중류는 가장 낮은 20점으로  $\alpha$ -중부수성( $\alpha$ -mesosaprobic)으로 불량(Defectiveness)한 환경상태로 평가되며, 우선개선수역(Priority Improvement Waters)으로 개선이 시급한 지역임을 알 수 있다.

환경질의 평가 결과 모든 조사지점에서 불량의 등급으로 판정되어 저서성대형무척추동물의 서식환경이 매우 불량한 것으로 보이며, 저서성대

형무척추동물의 등급을 높이고 연구대상지의 환경 질을 향상시킬 수 있는 관리 및 복원방안의 수립이 필요할 것으로 판단된다. 환경 질 평가 결과로 미루어 보면 다양도 및 풍부도지수 결과와 동일하게 중류가 우선 개선해야 할 지역임을 알 수 있으므로 지속적인 모니터링을 통해 개선 방안을 찾는 한편 생태환경을 악화시키는 원인을 제거할 필요가 있다고 판단된다.

##### 5. SVAP(시각적 하천 자연도 평가)

연구대상지의 시각적 하천 자연도 평가(SVAP) 결과 상류지역은 평균 6.69, 중류지역은 5.66, 하류는 4.15로 하류로 갈수록 평가결과가 나빠짐을 알 수 있으며, 대체적으로 보통(Fair)이하로 상당한 개선이 필요한 것으로 판단된다. 특히 수질 및 부영양상태는 표 2와 그림 5에 나타난 바와 같이 오염원이 유입되지 않게 하고 정화연못 설치 등의 개선이 필요하며, 구조적으로는 유량, 하폭 등을 고려한 다양한 소 및 여울 설치를 유도하여 생태적 성능을 향상시킬 필요가 있다. 이러한 생태적 개선방안을 통해 가장 낮은 평가결과를 나타낸 대형무척추동물의 중을 개선시킬 수 있을 것으로 판단되며(USDA, 1998), 어류 및 수서생물의 피난처로서 나뭇가지, 정수지 등이 추가로 제안되어야 할 것으로 보인다. 또한 범람원과 제방구조는 표 1에 나타난 바와 같이 하류에서 낮게 평가되므로 범람원을 포함하며 식물의 생육기반이 될 수 있는 자연적이고 생태적인 공법으로의 교체가 필요할 것으로 보인다(김원식 등,

Table 13. The analysis result of environment evaluation using the ESB at study sites.

Location	ESB	Saprobity evaluation	Environmental quality evaluation		
			Environmental Condition	Area Determination	Water Quality
Upstream	27	$\beta$ -mesosaprobic	Some Defectiveness	Improvement Waters	II
Mid-stream	20	$\alpha$ -mesosaprobic	Defectiveness	Priority Improvement Waters	III
Downstream	24	$\beta$ -mesosaprobic	Defectiveness	Priority Improvement Waters	III
Total	43	$\beta$ -mesosaprobic	Some Satisfactory	Protection Waters	II

**Table 14.** The analysis result of SVAP at study sites.

Assessment Items	Max.	Upstream	Mid-stream	Downstream	Min.	Reference
1. Channel condition	10	8.0	8.0	5.7	7.23	Fig. 1
2. Hydrologic alteration	10	9.0	9.0	9.0	9.00	Interview
3. Riparian zone	10	9.3	8.0	1.7	6.33	Fig. 1
4. Bank stability	10	8.0	7.0	3.0	6.00	Fig. 1, Table 1
5. Water appearance	10	5.7	2.3	3.0	3.67	Table 15
6. Nutrient enrichment	10	7.0	2.3	3.0	4.10	Table 15
7. Barriers to fish movement	10	9.3	9.3	3.7	7.43	Table 15
8. In stream fish cover	10	6.3	7.0	7.0	6.77	Fig. 1, Table 15
9. Pools	10	3.0	3.0	3.0	3.00	Fig. 1, Table 15
10. Invertebrate habitat	10	9.0	7.0	5.7	7.23	Fig. 1, Table 15
11. Macro-invertebrates	15	2.0	2.0	2.0	2.00	Table 12
12. Livestock excretions	5	3.7	3.0	3.0	3.23	Interview
Average	10	6.69	5.66	4.15	5.50	-
Grade <sup>1)</sup>		Fair	Poor	Poor	Poor	-

\* 1) SVAP에 따른 관정기준 : <6.0 (Poor), 6.1-7.4 (Fair), 7.5-8.9 (Good), >9.0(Excellent).

2011). 또한 향후 소하천의 정비 시 생태환경에 입각한 바람직한 방향으로의 정비가 필요 할 것으로 판단한다.

#### IV. 결 론

홍동천의 수질분석 결과 pH와 DO, SS의 경우 양호한 편으로 조사되었으며, BOD, COD, T-P의 경우 대부분의 수질이 기준에서 벗어나 수질오염이 심각한 것으로 조사되었다. 수질 오염의 이유로 홍동천으로 유입되는 지천을 거론하였으며, 수질개선방안으로 저류지, 습지, 수질정화시설의 설치, 강우 시 비점오염 차단시설 설치를 제시하였다.







토성분포는 모래함량이 높은 Sand 계통으로 습지식생이 발달하기에는 부적합한 것으로 판단하였으며, 소와 여울의 조성을 통해 점진적으로 개량할 필요가 있다고 판단하였다. 토양의 화학적 특성의 경우 특별한 개량 필요 없이 비오름 창출 시 사용가능 할 것으로 판단하였으며, 토양

중금속 함량 또한 우려기준에 미치지 않는 수준으로 지속적인 유지를 제시하였다.

전체 조사대상지에서 출현한 식물상은 총 89종류로 생활형은 일년생식물이 과별분포는 벼과가 소하천의 대표 식생임을 확인하였으며, 귀화식물은 하류 쪽으로 갈수록 넓게 분포하여 귀화율 및 도시화지수가 높게 나타나는 것을 알 수 있어 주변 환경을 고려한 우선제거대상 종 선정 및 봄철어린개체 제거를 제시하였다.

저서성대형무척추동물은 환경의 질이 떨어지는 모기, 파리류의 파리목이 많은 출현종을 보였으며, 중국물진드기와 더불어 환경의 질이 매우 떨어지는 것임을 확인하여 환경개선의 필요성을 거론하였다. 다양도, 풍부도, 균등도, 우점도지수의 평가를 통해 중류지역의 오염 된 환경이 수질의 유입임을 추측하였으며, 구조개선 및 수질개선방안의 수립을 통한 최소한의 개선을 제시하였다. ESB 환경질의 점수를 이용한 평가를 통해 중류지역이 우선개선수역임을 확인하여 개선이 시급한 지역임을 알 수 있었다. 따라서 저서성대형

Table 15. The reference of SVAP assessment at study sites.

Based of assessment	Upstream	Mid-stream	Downstream
Water condition			
Structure and Landuse condition			
Channel and habitat condition			

무척추동물의 환경 질을 높이기 위해서는 오염원을 차단하고 최소한 상류와 같은 자연적 형태의 구조개선이 필요할 것으로 판단된다.

시각적 하천 자연도 평가(SVAP)결과 대체적으로 보통(Fair)이하로 상당한 개선이 필요한 것으로 판단하였으며, 특히 수질 및 부 영양상태는 오염원이 유입되지 않게 하고 정화연못 설치를 거론하였다. 또한 생태적 성능의 향상을 위해 소 및 여울 설치, 나뭇가지, 정수지 등을 추가로 제안하였으며, 범람원을 포함하고 식물의 생육기반이 될 수 있는 자연적이고 생태적인 공법의 제방 구조를 모색할 필요가 있다고 판단하였다.

이상에서 살펴본 연구대상지의 전반적인 생태 환경은 대체적으로 불량한 것으로 나타났으며, 다양한 측면에서 개선방안이 요구됨을 알 수 있다. 하천은 이수 및 치수기능 뿐 아니라 생물의 서식처를 제공하고 수질정화를 도모하며, 다양한 물리적 구조물과 함께 경관요소의 기능도 수행할 수 있으므로 지속적인 모니터링 및 관리를 통해 농촌지역의 우수한 비오톱으로 개선시킬 수 있도록 노력해야 할 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

강방훈·손진관·이상화·김남춘. 2009. 농촌지역 소규모 소택형습지의 식생특성. 한국환경복원기술학회지 12(3) : 33-48.

강 방 훈· 김 남 춘· 손 진 관· 김 미 희· 조 승 진· 이 상 영. 2011. 농촌지역 소하천의 생태환경 평가 연구 : 한강유역 지류를 중심으로. 농촌계획 17(2) : 23-32.

김용범·임양재. 1990. 탄천의 대형수생식물 군락 분포와 환경. 한국생태학회지 13 : 297-309.

권일순. 2007. 하천 생태복원을 위한 도시 중·소하천 조성에 관한 연구. 서울시립대학교 산업대학원 석사학위논문.

김성원·최이송·오종민. 2008. 비점오염저감을 위한 수변완충지대의 적정 설계. 한국환경영향평가학회지 17(1) : 1-9.

김원식·곽정인·이경재·한봉호. 2011. 한강 하천제방 호안공법에 따른 식생분포 특성 연구. 한국환경생태학회지 25(1) : 17-30.

김재우. 1998. 중소하천의 자연형 복원에 관한 연구. 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.

- 김종원·이윤경. 2006. 식물사회학적 식생조사와 평가방법. 월드사이언스.
- 김준민·임양재·전의식. 2000. 한국의 귀화식물. 사이언스북스.
- 김준호·김훈수·이인규·김종원·문형태·세계홍·김원·권도훈·유순애·서영배·김영상. 1982. 낙동강 하구 생태계의 구조와 기능에 관한 연구. 서울대 자연대 논문집 7 : 122-163.
- 김현규. 1999. 인공습지 조성을 위한 수생식물의 식재기반 조성기준에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 노재현·허준. 2004. 버나클러 경관상 개선을 위한 전주천변 귀화식물의 분포특성 연구. 한국전통조경학회지 22(3) : 26-32.
- 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체 분석법. 농업과학기술원. 2006. 논 생태계 수서무척추 동물도감.
- 농업과학기술원·환경정책평가연구원. 2004. 친환경농업의 환경부하오염원별 관리방안 연구.
- 박수현. 2002. 우리나라 귀화식물 분포. 임업연구원 국립수목원.
- 박정호·임환철·라혜강. 2007. 팔당호 저서성 대형무척추동물 군집의 생태학적 연구. 환경연구논문집 4 : 52-72.
- 배정화·이경재·한봉호. 2008. 도시하천의 횡단구조에 따른 식생분포 특성 연구 : 서울시 도림천, 방학천, 성내천, 양재천을 사례로. 한국환경생태학회지 22(3) : 268-279.
- 손명덕·조옥상·강성욱·신대범·서하나·안영찬. 2007. 와류조, 유수분리구조로 구성된 비점오염저감장치 개발 및 평가. 대한환경공학회지 2007(2) : 1127-1133.
- 손진관·강방훈·김남춘. 2010. 농지연못습지의 수질 및 토양환경 분석. 한국환경복원기술학회지 3(3) : 46-62.
- 손현근·이은주·이소영·최지연·김미형. 2008. 비점원 오염물질관리 : 포장지역의 비점오염물질 저감기술 개발. 한국물환경학회지 2008 : 43-44.
- 신정아·김수복·김영규. 1998. 소하천정비이후 직강하 구간과 자연형구간의 수질과 식생 비교조사. 한국식물·인간·환경학회지 1(2) : 92-103.
- 안태웅·최이송·오종민. 2009. 하도 생물서식처에 따른 양화천의 수질 및 퇴적물 특성 연구. 한국물환경학회지 2009 : 609-610.
- 오대석. 2008. 영담 소하천 개수 후 하천병화에 관한 연구. 경상대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 오충현·김현수·김용훈. 2006. 우리나라 농촌마을 토지이용 특성에 따른 귀화식물 분포특성. 한국환경생태학회 학술대회지 2006(2) : 181-186.
- 오현경·변무섭. 2005. 전주 삼천천일대의 수생식물 분류와 식물상에 관한 연구. 한국산림휴양학회지 9(3) : 17-30.
- 오현경·임동욱·김용식. 2009. 변산반도국립공원의 귀화식물 분포특성 및 관리대책. 한국환경생태학회지 23(2) : 105-115.
- 윤정환. 2007. 자연형 소하천정비에 따른 수질변화 특성과 오염부하량 산정. 공주대학교 대학원 석사학위논문.
- 이경보·김창환·김종구·이덕배·이상복·나승용. 2003. 만경강 소하천의 토양환경과 식생분포. Env. Science 12 : 9-21.
- 이경보·이덕배·이상복·김재덕. 1999. 만경강 수계 농업용수의 시기별 수질변화. 한국환경노학회지 18(1) : 6-10.
- 이도형·이기환·이현호·마호섭·배관호·김종현. 2009. 황폐계류의 사방공작물 시공에 따른 저서성대형무척추동물상의 변화 : 시공직후의 변화를 중심으로. 한국환경생태학회지 23(4) : 353-364.
- 이승수·이동신·박성열·최상미·김현진·이하늘·김이슬. 2010. 청주시 유역 소하천 조

- 사 분석. 건설기술연구소 논문집 29(2) : 81-86.
- 이영노. 2006. 새로운 한국식물도감. 교학사.
- 이종욱·최진경·오승호·최강원. 2010. 운문산 자연휴식년제 지역 내 저서성 대형무척추동물상 및 생물학적 수질평가. 한국환경생태학회지 24(1) : 1-13.
- 이창복. 2006. 원색 대한식물도감. 향문사.
- 이춘석·라순애. 1997. 농촌마을 소하천의 구간별 특성에 관한 연구 : 농촌 주거지역 소하천의 구조, 수질, 식생을 중심으로. 한국농촌계획학회 3(1) : 23-32.
- 임수연. 2006. 지리산 국립공원에 서식하는 수서 무척추동물의 생물다양성 및 군집구조. 조선대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 임승빈·이춘석. 2000. 주변 토지이용과 주민 이용 선호도를 고려한 농촌마을 소하천 표준 횡단면 설계. 농촌계획 6(1) : 29-37.
- 임양재·전의식. 1980. 한반도의 귀화식물 분포 23 : 69-83.
- 조강현. 1992. 팔당호에서 대형수생식물에 의한 물질순환과 질소와 인의 순환. 서울대학교 대학원 박사학위논문
- 최지연·이소영·Maira C. Maniquiz·강창국·이정용·Joan B. Gorme·김이형. 2009. 자연적물순화시스템을 가진 침투여과 비점오염저감기술 개발. 대한상하수도학회·한국물환경학회지 2009 : 645-664.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집.
- 행정안전부. 2011. 소하천정비법.
- 행정자치부와 국립방재연구소. 2002. 자연형 소하천 정비공법 개발 보고서.
- 허진. 2009. 택지개발사업지구 내 소하천 처리의 변천과정과 개선 방향. 영남대학교 환경보건대학원 석사학위논문.
- 환경부. 2000. 토양오염공정시험방법.
- 환경부. 2008. 수질오염공정시험방법.
- 환경부·UNDP·GEF·UNDP/GEF 국가습지보전사업관리단. 2006. 제2차 전국내륙습지 조사지침.
- 환경부. 2009. 야생동·식물보호법 시행규칙 별표1.
- 환경부. 2010a. 토양환경보전법.
- 환경부. 2010b. 환경정책기본법.
- 沼田 眞. 1996. 景相生態學, 朝倉書店, p.178.
- 櫻井喜雄(한승완 옮김). 2003. 하천조성과 서식처보전. 백마출판사.
- Admiraal, A. N., Morris, M. J., Brooks, T. C., Olson, J. W., and Miller, M. V. 1997. Illinois Wetland Restoration & Creation Guide, Illinois Natural History Survey.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst., 3 : 36-71.
- McNaughton, S. J. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature. 216 : 168-144.
- Mitsch, W. J., and Gosselink, J. G. 1993. Wetland (Second Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Pielou. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and misuse. Amer. Nat., 100 : 463-465.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological diversity. New York, John Wiley.
- Tiner, R. W. 1999. Wetland Indicators : A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification and Mapping. Lewis Publishers.
- USDA. 1998. Stream Visual Assessment Protocol. NWCC Technical Note.
- Ward, J. V. 1992. Aquatic Insect Ecology : John Wiley & Sons.



Appendix 1. The list of plant species at survey sites

Family	Botanic Name	Life form	Upstream	Mid-stream	Downstream
<i>Equisetaceae</i> 속새과					
	<i>Equisetum arvense</i> 쇠뜨기	G	0	0	0
<i>Gramineae</i> 벼과					
	<i>Eleusine indica</i> 왕바랭이	Th		0	
	<i>Arthraxon hispidus</i> 조개풀	Th	0	0	
	<i>Leersia japonica</i> 나도겨풀	HH			0
	<i>Phragmites communis</i> 갈대	G	0	0	0
	<i>Eragrostis ferruginea</i> 그렁	H	0	0	
	<i>Eragrostis multicaulis</i> 비노리	Th	0	0	
	<i>Eleusine indica</i> 왕바랭이	Th	0		
	<i>Pennisetum alopecuroides</i> 수크렁	H	0		
	<i>Setaria viridis</i> 강아지풀	Th	0	0	0
	<i>Setaria glauca</i> 금강아지풀	Th	0	0	
	<i>Setaria faberii</i> 가을강아지풀	Th	0	0	0
	<i>Panicum bisulcatum</i> 개기장	Th		0	0
	<i>Panicum dichotomiflorum</i> 미국개기장	Th		0	0
	<i>Digitaria sanguinalis</i> 바랭이	Th	0	0	0
	<i>Digitaria violascens</i> 민바랭이	Th			0
	<i>Paspalum thunbergii</i> 참새피	H		0	
	<i>Echinochloa crus-galli</i> 돌피	Th			0
	<i>Miscanthus sacchariflorus</i> 물억새	H	0	0	
<i>Cyperaceae</i> 사초과					
	<i>Cyperus sanguinolentus</i> 방동사니대가리	Th	0		0
	<i>Cyperus orthostachyus</i> 쇠방동사니	Th	0		0
	<i>Cyperus microiria</i> 금방동사니	Th	0	0	0
	<i>Cyperus amuricus</i> 방동사니	Th	0	0	0
	<i>Kyllinga brevifolia</i> var. <i>leiolepis</i> 파대가리	H	0		
<i>Commelinaceae</i> 닭의장풀과					
	<i>Commelina communis</i> 닭의장풀	Th		0	0
<i>Dioscoreaceae</i> 마과					
	<i>Dioscorea japonica</i> 참마	G	0		
<i>Salicaceae</i> 버드나무과					
	<i>Salix koreensis</i> 버드나무	M	0	0	
	<i>Salix gracilistyla</i> 갯버들	N		0	
<i>Fagaceae</i> 참나무과					
	<i>Castanea crenata</i> 밤나무	M			0
<i>Moraceae</i> 뽕나무과					
	<i>Morus alba</i> 뽕나무	M	0	0	0
<i>Cannabaceae</i> 삼과					
	<i>Humulus japonicus</i> 환삼덩굴	Th	0	0	0
<i>Urticaceae</i> 쐯기풀과					
	<i>Pilea mongolica</i> 모시물통이	Th	0		
<i>Polygonaceae</i> 마디풀과					
	<i>Rumex crispus</i> 소리쟁이	H	0		0
	<i>Rumex obtusifolius</i> 돌소리쟁이	H		0	
	<i>Persicaria perfoliata</i> 머느리배꼽	Th			0
	<i>Persicaria thunbergii</i> 고마리	Th	0	0	0
	<i>Persicaria orientalis</i> 털여뀌	Th			0
	<i>Persicaria hydropiper</i> 여뀌	Th	0		
	<i>Persicaria blumei</i> 개여뀌	Th	0	0	0
	<i>Polygonum aviculare</i> 마디풀	Th	0		

## Appendix 1. Continued.

Family	Botanic Name	Life form	Upstream	Mid-stream	Downstream
<i>Chenopodiaceae</i>	명아주과				
	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> 명아주	Th	0	0	0
	<i>Chenopodium ficifolium</i> 좀명아주	Th		0	0
<i>Amaranthaceae</i>	비름과				
	<i>Achyranthes japonica</i> 쇠무릎	H	0	0	0
<i>Caryophyllaceae</i>	석죽과				
	<i>Cerastium glomeratum</i> 유럽점나도나물	Th	0		
	<i>Stellaria aquatica</i> 쇠별꽃	H	0	0	0
<i>Ranunculaceae</i>	미나리아재비과				
	<i>Clematis apiifolia</i> 사위질빵	N	0	0	0
	<i>Ranunculus sceleratus</i> 개구리자리	Th	0		
<i>Papaveraceae</i>	양귀비과				
	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> 예기똥풀	Th	0	0	
<i>Cruciferae</i>	십자화과				
	<i>Cardamine flexuosa</i> 황새냉이	Th	0		
<i>Crassulaceae</i>	돌나물과				
	<i>Sedum sarmentosum</i> 돌나물	H			0
<i>Rosaceae</i>	장미과				
	<i>Duchesnea chrysantha</i> 뱀딸기	H		0	
	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> 벚나무	M	0	0	0
<i>Leguminosae</i>	콩과				
	<i>Glycine max</i> 콩	Th			0
	<i>Kummerowia striata</i> 매듭풀	H	0		0
	<i>Pueraria thunbergiana</i> 쑥	M	0		
	<i>Glycine soja</i> 돌콩	Th	0		
	<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i> 새콩	Th		0	
	<i>Robinia pseudo-acacia</i> 아까시나무	M		0	
	<i>Amorpha fruticosa</i> 족제비싸리	M		0	0
	<i>Trifolium repens</i> 토끼풀	CH	0	0	
<i>Oxalidaceae</i>	괘이밥과				
	<i>Oxalis corniculata</i> 괘이밥	G		0	0
<i>Euphorbiaceae</i>	대극과				
	<i>Euphorbia supina</i> 애기땅빈대	H			0
<i>Anacardiaceae</i>	웃나무과				
	<i>Rhus chinensis</i> 붉나무	M		0	
<i>Rhamnaceae</i>	갈매나무과				
	<i>Zizyphus jujuba</i> var. <i>atrosanguinea</i> 대추	M			0
<i>Lythraceae</i>	부처꽃과				
	<i>Rotala indica</i> 마디꽃	Th	0	0	0
<i>Onagraceae</i>	바늘꽃과				
	<i>Oenothera odorata</i> 달맞이꽃	H	0		0
<i>Araliaceae</i>	두릅나무과				
	<i>Aralia elata</i> 두릅나무	M			0
<i>Asclepiadaceae</i>	박주가리과				
	<i>Metaplexis japonica</i> 박주가리	G		0	0
<i>Convolvulaceae</i>	메꽃과				
	<i>Quamoclit angulata</i> 둥근잎유홍초	Th		0	
	<i>Calystegia hederacea</i> 애기메꽃	H	0		0

Appendix 1. Continued.

Family	Botanic Name	Life form	Upstream	Mid-stream	Downstream
<i>Labiatae</i> 꿀풀과					
	<i>Leonurus sibiricus</i> 익모초	Th	0	0	
	<i>Mosla punctulata</i> 들깨풀	Th	0		0
	<i>Perilla frutescens</i> var. <i>japonica</i> 들깨	Th	0	0	0
<i>Solanaceae</i> 가지과					
	<i>Solanum lyratum</i> 배풍등	CH			0
	<i>Solanum nigrum</i> 까마중	Th		0	0
<i>Scrophulariaceae</i> 현삼과					
	<i>Mazus pumilus</i> 주름잎	Th		0	0
<i>Acanthaceae</i> 쥐꼬리망초과					
	<i>Justicia procumbens</i> 쥐꼬리망초	Th	0	0	
<i>Plantaginaceae</i> 질경이과					
	<i>Plantago asiatica</i> 질경이	H	0		
<i>Cucurbitaceae</i> 박과					
	<i>Cucurbita moschata</i> 호박	Th			0
<i>Compositae</i> 국화과					
	<i>Aster pilosus</i> 미국쑥부쟁이	H	0	0	0
	<i>Erigeron annuus</i> 개망초	Th	0	0	
	<i>Erigeron canadensis</i> 망초	Th		0	0
	<i>Erechtites hieracifolia</i> 붉은서나물	Th			0
	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> 쑥	H	0	0	
	<i>Siegesbeckia pubescens</i> 털진득찰	Th	0		
	<i>Eclipta prostrata</i> 한련초	Th		0	
	<i>Bidens frondosa</i> 미국가막사리	Th	0		0
	<i>Taraxacum officinale</i> 서양민들레	H	0	0	0
	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> 왕고들빼기	Th	0	0	0

\* M : Megaphanerophytes, N : Nanophanerophytes, G : Geophytes, CH : Chamaephytes, H : Hemicryptophytes, HH : Hydrophytes, Th : Therophytes, U.S : Upstream, M.S : Middlestream, D.S : Downstream.

## Appendix 2. The list of macro-invertebrate species at survey sites

Species	Upstream	Midstream	Downstream	Total	Grade
MOLLUSCA 연체동물문					
GASTROPODA 복족강					
BASOMMATOPHORA 기안목					
Physidae 원돌이물달팽이과					
<i>Physa acuta</i> 원돌이물달팽이	1			1	1
ARTHROPODA 절지동물문					
CRUSTACEA 갑각강					
Spinicaudata 극미목					
Cyzicidae 참조개벌레과					
<i>Caenestheriella gifuensis</i> 털줄뽀족코조개벌레			1	1	2
ANNELIDA 환형동물문					
HIRUNDINEA 거머리강					
Rhynchobdellida 부리거머리목					
Glossiphoniidae 넓적거머리과					
<i>Hemiclepsis marginata</i> 녹색넓적거머리			1	1	2
ARTHROPODA 절지동물문					
CRUSTACEA 갑각강					
Decapoda 십각목					
Palaemonidae 징거미새우과					
<i>Palaemon (p) paucidens</i> 출새우	2			2	2
INSECTA 곤충강					
EPHEMEROPTERA 하루살이목					
Baetidae 꼬마하루살이과					
<i>Baetis pseudothermicus</i> 나도꼬마하루살이	1				4
ODONATA 잠자리목					
Coenagrionidae 실잠자리과					
<i>Cercion calamorum</i> 등검은실잠자리	1	1	7	9	2
Platycnemididae 방울실잠자리과					
<i>Platycnemis phillopoda</i> 방울실잠자리	1				3
Libellulidae 잠자리과					
<i>Orthetrum lineostigma</i> 홀쪽밑잠자리		1	5	6	2
HEMIPTERA 노린재목					
Nepidae 장구애비과					
<i>Laccotrephes japonensis</i> 장구애비	1		1	1	2
Belostomatidae 물장군과					
<i>Diplonychus japonicus</i> 물자라		1		1	2
Notonectidae 송장해엄치과					
<i>Notonecta triguttata</i> 송장해엄치			2	2	2
Gerridae 소금쟁이과					
<i>Gerris latiabdominis</i> 애소금쟁이	9	3		12	2
Corixidae 물벌레과					
<i>Sigara substriata</i> 방물벌레			9	9	2
COLEOPTERA 딱정벌레목					
Dytiscidae 물방개과					
<i>Rantus Pulverosus</i> 애기물방개	1	2	1	4	2
Noteridae 자색물방개과					
<i>Noterus japonicus</i> 자색물방개	1				2
Haliplidae 물진드기과					
<i>Peltodytes sinensis</i> 중국물진드기	25	33	28	86	2
Hydrophilidae 물똥똥이과					
<i>Enochrus simulans</i> 애넓적물똥똥이	1	1	4	6	2

Appendix 2. Continued.

Species	Upstream	Midstream	Downstream	Total	Grade
DIPTERA 파리목					
Culicidae 모기과					
<i>Culicidae</i> sp.		20	33	53	1
Chironomidae 깔다구과					
<i>Chironomidae</i> sp.1(White type)깔다구류 sp.1	12	16	17	45	1
<i>Chironomidae</i> sp.2(White type)깔다구류 sp.2	13		13	26	1
<i>Chironomidae</i> sp.2(Red type)깔다구류 sp.3	10	9	7	26	1
Stratiomyiidae 동애등애과					
<i>Stratiomyia japonica</i> 줄동애등애		1		1	1
Ephydrellia 물가파리과					
<i>Ephydrellia</i> sp.		1		1	2