

농촌지역 소하천의 생태환경 평가 연구 - 한강유역 지류를 중심으로 -

강방훈 · 김남춘* · 손진관** · 김미희 · 조승진 · 이상영

농촌진흥청 국립농업과학원 · *단국대학교 녹지조경학과 · **단국대학교-농촌진흥청 학연합동과정

The Study on Ecological Function Assessment at Streams in Rural Area - The Focus of Han-River Basin -

Kang, Banghun · Kim, Nam Choon* · Son, Jin Kwan** · Kim, Mi Heui

Cho, Seung Jin · Rhee, Sang Young

National Academy of Agricultural Science, RDA,

*Department of Landscape Architecture, Dankook University,

**Relationship of Dankook University & Rural Development Administration.

ABSTRACT : The purpose of this study is to produce basic planning criteria required in ecological restoration and improvement works of streams in rural area through the application of stream assessment methods (water quality, soil environment, and ecological function assessment) at 6 study sites of Han River basin. The investigation results were as followings; 1) There were the evaluation items like a manure use, salt degree, river peripheral tree, which did not fitted to apply to domestic streams, in the SVAP (Stream Visual Assessment Protocol) and NRCS Riparian Assessment that were evaluation models developed in USDA. The area inhabitants with a little knowledge and education personally seems to utilize the evaluation methods through improvement partly with an aspect that evaluation is slightly easy. 2) From the stream assessment results, the construction of diverse pools, large woody debris and isolated backwater pool are needed to improve a few of problems observed at the mostly study sites. The result of NRCS Riparian Assessment showed that the improvement of stream bank vegetative communities is needed by planting tree with deep-binding root masses, and managing of noxious weeds and exotic undesirable plants. 3) Summing up, the assessment results showed that the assessment scores were higher at upstream than downstream, the stream with totally maintenance than that with partly maintenance, the stream with slope bank than that with vertical bank, and the stream with a flood plain than that without a flood plain. So, the direction of stream maintenance projects must be set by consideration of those results.

Key words : Water Environment, Soil Heavy Metal, Soil Chemical, Soil physical, SVAP, NRCS

1. 서 론

하천은 일반적으로 이수기능과 치수기능을 수행하며, 더불어 서식처 제공, 수질정화 및 경관향상 등의 환경적 기능도 수행 할 수 있는 중요한 자연자원이다(최지용, 2002.; 김창완 등, 2006). 긴 세월에 걸쳐 형성된 자연이

고 각종 생물이 서식하는 비오톱(biotope)으로 생물다양성의 유지, 관리 측면에서 하천생태계의 보호, 보전 및 복원은 더욱 중요하게 요구되고 있다(신정이 등, 1998). 이러한 하천의 생물 서식공간은 생육환경 등의 형태와 식생에 의해 결정되는데(이경보 등, 2003), 식생 발달의 주요 인자로 토양과 수문환경을 들 수 있다(Mitsch and Gosselink, 1993; Tiner, 1999; 손진관 등, 2010). 이와 같은 생육환경은 최근의 도시화와 산업화로 인하여 축산폐수, 농경배수, 생활하수 등의 수질오염 및 토양오염에 의해 위협받고 있으며(이경보 등, 2003; 이경보 등, 1999),

Corresponding author : Kang, Banghun
Tel : 031-290-0281
E-mail : ipmkbh@korea.kr

오염된 생육환경은 서식환경을 위협하여 하천 생태계의 변화를 초래하므로 그 관리는 매우 중요하다고 할 수 있다(김용범과 임양재, 1990; 김준호 등, 1982).

최근 들어 ‘생태하천’ 조성이 전국적으로 확산되고 있으며, 정부에서는 주요 강 지류·지천에 대한 정비 사업을 빠르면 2011년 말부터 추진한다는 계획을 준비하고 있다. 이러한 사업 추진을 위해서는 실제 소하천에 대한 명확한 평가가 이루어져야 하며, 평가결과를 기준으로 개선방안이 도출되어야 한다. 외국에서는 하천의 생태환경에 대해 다양한 평가기준이 마련되어 있다. 독일의 라인란트-팔츠 방식 및 노르트라인-베스트팔렌 방식, 영국의 National River Authority 기준, 일본의 자연성 평가 기준, 미국 농무성 자원보전국(USDA-NRCS)의 SVAP(Stream Visual Assessment Protocol)와 Riparian Assessment, 미국 환경청의 HAFDS(Habitat Assessment Field Data Sheet) 등을 예로 들 수 있다. 국내의 경우에는 김동찬 등(2000), 조용현(1997) 등에 의해 조경학적인 관점에서 평가 기준을 정리한 바 있다.

우리나라의 소하천은 35,000개 이상으로 전체 하천의 약 55%에 달하며, 집계되지 않은 지류 또한 매우 많은 것으로 추정된다(이승수 등, 2010). 이러한 소하천은 대부분 수계망을 따라 국가하천과 연계되어 있어 도시민들의 주요 식수원이라고 할 수 있으므로 그 관리는 매우 중요하다(이승수 등, 2010). 최근의 하천 정비사업은 4대강에 집중되어 있으며, 소하천 정비사업 또한 도시에 집중되어 있다. 농촌지역의 경우에는 농업용수 공급을 위한 이수 및 홍수예방을 위한 치수 기능에 중점을 두고 추진되고 있다. 이러한 이유로 인해 소하천에서 생태환경 부분은 소홀이 취급되고 있는 실정으로 이에 대한 관

심이 요구된다는 주장이 제기되고 있다(임승빈과 이춘석, 2000).

이에 따라 본 연구에서는 농촌지역 소하천의 생태복원 및 개선사업에 활용할 수 있는 기초 자료를 도출하기 위하여, 한강유역 소하천 6개 지점을 사례연구 대상지로 선정하여 생태환경을 평가하였다. 생태환경평가를 위해 수질 및 토양환경 분석을 수행하였고, 외국의 생태환경 평가기법 중에 농촌지역 소하천에 적합하다고 판단되는 시각적 생태환경평가법(SVAP; USDA, 1998)과 NRCS(USDA, 2004)의 수변평가법을 적용하여 생태환경의 질을 평가하였다. 이러한 연구결과를 바탕으로 사례 대상지 소하천의 문제점 해결 방안을 제시하고, 앞으로 추진될 농촌지역의 소하천 개선사업 방향을 일부 제시하여 앞으로 추진되는 소하천 정비 사업에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

사례연구 대상지는 한강 유역의 농촌마을에 소재하고 있는 소하천 중 하천정비 정도에 따라 전 구역이 정비된 3개소와 일부 정비된 3개소를 선정하였고, 각각의 소하천 상류와 하류지역을 대상으로 하여 조사를 수행하였다. 정비정도는 현장조사를 통해 Rosgen(1996)의 하천유형 구분지표와 구조를 비교하여 정비현황을 살펴봤으며, 주민취취를 통해 하천정비 유무 및 구역을 확인하였다. 전구역의 정비가 이루어진 연구대상지는 대체적으로 저

Table 1 The present conditions at 6 study sites

Site	Location	Improvement Level ¹⁾	Bank Structure ²⁾		
			Type	Low Riverside Material	High Riverside Material
A	Bonghwang-ri, Gageum-myeon, Chungju-si, Chungbuk-do	O	Slope	Natural Riverside	Wire Cylinder Work
B	Sangho-ri, Geumsa-myeon, Yeosu-gun, Gyeonggi-do	O	Slope	Natural Riverside,	Natural Riverside, Wire Cylinder Work
C	Yangsui-ri, Yangseo-myeon, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	O	Vertical, Slope	Natural Riverside, Non Structure	Concrete, Natural Riverside
D	Jidang-ri, Angseong-myeon, Chungju-si, Chungbuk-do	△	Vertical, Slope	Natural Riverside, Non Structure	Concrete, Natural Riverside
E	Bupyeong-ri, Gangcheon-myeon, Yeosu-gun, Gyeonggi-do	△	Slope	Non Structure	Dry Masonry, Natural Riverside
F	Dogok-ri, Yangseo-myeon, Yangpyeong-gun, Gyeonggi-do	△	Vertical, Slope	Non Structure	Dry Masonry, Natural Riverside

주: 1) 하천정비 정도(O:전구역 정비, △:일부지역 정비), 2) Rosgen(1996)의 하천유형 구분지표

수호안(Low Riverside Material)이 발달 할 수 있는 형태로 정비가 이루어 졌으며, 고수호안(High Riverside Material)은 돌망태공법(Wire Cylinder Work)과 콘크리트로 정비가 이루어진 형태를 보이고 있었다. 반면 연구대상지 D, E, F의 경우 일부 구간에서만 콘크리크와 자연석(Dry Masonry)으로 호안이 정비된 형태를 보이고 나머지 구간에서는 미정비 된 형태를 보이고 있다. 사례 대상지로 선정된 6개소의 소하천은 Rosgen(1996)에 의해 제시된 하천의 유형 구분 지표를 적용하여 제방의 형태(Type)에 따라 사면형(slope)과 수직형(vertical)으로, 재료는 저수호안과 고수호안(Low level, High level)별로 구분하였다(Table 1).

2. 소하천의 수질 및 토양환경 분석

소하천의 수질환경은 pH, DO, BOD, COD, SS, T-P 등 총 6항목에 대해 조사하였다. TPS사의 90-FL, Pastel UV를 사용하여 현장에서 측정하였고, 수질오염공정시험방법(환경부, 2008)에 의해 실험실 분석을 실시하였다. 측정 및 분석결과는 환경정책기본법(환경부, 2010b)의 환경기준과 비교하여 평가를 수행하였다.

토양환경은 토양오염도, 물리적 특성 및 화학적 특성을 조사 분석하였다. 토양오염도는 토양오염공정시험법(환경부, 2000)에 따라 Cd, As, Ni, Pb, Cu, Zn, Cr⁶⁺, Hg 등 총 8항목에 대해 분석하고, 분석결과는 토양환경보전법 시행규칙 토양오염우려기준(환경부, 2010a)과 비교하여 평가하였다. 토양의 물리적 특성은 토성, 토양 삼상분포를 조사분석하였으며, 분석결과는 손진관(2010)의 습지도양 조사결과 및 조강현(1992)의 습지도양 평가지표와 비교·평가하였다. 토양의 화학적 특성은 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)에 따라 pH, EC, OM, Av.P205, T-N, C.E.C, Ex. Cation 등을 분석하고, 그 결과는 선행연구와 비교, 평가하였다.

3. 소하천의 생태환경 평가

하천의 생태환경평가를 위한 다양한 기법들이 제시되어 있다. 독일의 라인란트-팔츠 방식 및 노르트라인-베스트팔렌 방식, 영국의 National River Authority 기준, 일본의 자연성 평가 기준, 미국 농무성 자원보전국(USDA-NRCS)의 SVAP(Stream Visual Assessment Protocol)와 Riparian Assessment, 미국 환경청의 HAFDS(Habitat Assessment Field Data Sheet), 국내의 경우 김동찬 등(2000), 조용현(1997) 등에 의해 조경학적인 관점에서 평가 기준을 정리한 바 있다. 이 중에서 농촌지역의 소하천에 적합하면서도 추후 농촌마을 주민 스스로에 의한 평가와 관리가 이루어져야 할 점을 감안하여 약간의 지식과 교육만을 통해서도 조사가 가능하고 토지소유자 및 토지이용과 관련된 사람들이 직접 조사를 시행할 수 있도록 마련된 기법인 미국 농무성 자연자원보전국(USDA-NRCS)의 소하천 시각적 생태환경평가법(SVAP)과 수변평가법(Riparian Assessment)을 선정하여 본 연구에 활용하였다. 시각적 생태환경평가법은 하도 조건 등 15개 항목으로 되어 있으나 본 연구에서는 사례조사 대상지의 조건에 부적합하다고 판단되는 비료사용, 염도, 여울구조, 대형 무척추동물, 식생피도 등에 관한 항목을 뺀 10개 항목에 대한 평가를 수행하였다. 수변평가법은 시각적 생태환경평가법을 보완해 주는 식생과 관련된 항목 등을 포함하여 10개의 항목에 대한 평가를 수행하였다(Table 2). 평가는 3인의 전문 조사자가 현장조사를 수행하여 얻은 평가치의 평균을 취하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 소하천의 수질 및 토양환경 분석

가. 수질환경 분석

Table 2 The assessment items of SVAP and NRCS Riparian Assessment

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
NRCS (USDA, 2004)	1. Stream Incisement, 2. Lateral Cutting, 3. Stream Balance, 4. Deep, Binding Rootmass, 5. Riparian/Wetland Vegetative Cover, 6. Noxious Weeds, 7. Undesirable Plants, 8. Woody Species Establishment, 9. Browse Utilization, 10. Riparian Area/Floodplain Characteristics

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

NRCS Riparian Assessment (80-100%:Sustainable, 50-80%:At risk, <50%:Non sustainable).

6개 소하천의 수질을 평가한 결과(Table 3과 4) pH 농도는 일부 대상지에서 환경정책기본법에서 정한 pH의 허용기준(6.5~8.5)을 약간 초과하는 경우를 제외하면 대부분이 적정 농도를 유지하는 것으로 조사되었다(환경부, 2010b). DO의 측정결과 평상시와 강우 후 모두 모든 대상지에서 농업용수로 이용 가능한 수준이었으며, 이것은 이영숙(2003)의 저수지 조사 연구에서 제시한 0.4~2.7mg/l 와 비교해 보면 정체되지 않은 유수의 하천 특

성이 발현된 것으로 볼 수 있다.

BOD, COD, T-P의 측정결과를 보면, 연구대상지 A에서 상류에 비해 하류의 수질이 낮게 측정되었으며, 그 원인을 유역의 토지이용 현황을 근거로 판단해 볼 때 축산 및 농지 오염원이 있는 것을 유추해 볼 수 있다. 이로 인해 상류에서 하류로 갈수록 수질이 나빠지는 것으로 유입지천에 대한 수질 개선방안인 저류지, 습지, 수질정화시설 등의 설치 등과 친환경농업을 실천 등을 모색

Table 3 The analysis results of water qualities at 6 study sites on May, 2010

Site		pH	DO	BOD	COD	SS	T-P
		mg/L					
A	Upstream	8.22	7.41	4.2	9.6	18.8	0.027
	Downstream	8.69	4.89	19.6	41.5	2.5	0.025
B	Upstream	7.65	4.69	1.4	6.7	1.8	0.013
	Downstream	7.08	4.80	1.3	6.5	2.4	0.011
C	Upstream	8.47	4.08	1.9	4.9	15.6	0.015
	Downstream	7.95	4.01	0.2	0.9	2.2	0.017
D	Upstream	7.52	4.63	1.1	7.4	1.8	0.019
	Downstream	7.61	10.08	2.1	5.8	18.2	0.050
E	Upstream	8.28	3.20	3.2	9.6	2.5	0.024
	Downstream	8.58	5.82	*	*	*	0.078
F	Upstream	7.33	4.99	3.2	7.4	16.6	0.014
	Downstream	7.41	4.64	3.4	8.1	17.4	0.042

주: *유역의 공사로 인해 수질측정이 불가하였음

Table 4 The analysis results of water qualities at 6 study sites on September, 2010

Site		pH	DO	BOD	COD	SS	T-P
		mg/L					
A	Upstream	7.45	5.37	18.4	39.0	1.8	0.047
	Downstream	7.39	7.49	29.2	62.4	2.2	0.037
B	Upstream	7.72	5.34	23.4	50.8	2.5	0.251
	Downstream	7.49	4.74	20.7	44.5	2.2	0.115
C	Upstream	7.51	5.00	7.8	16.5	2.2	0.017
	Downstream	7.30	5.24	8.1	17.3	1.9	0.031
D	Upstream	7.38	6.71	25.4	54.4	1.5	0.034
	Downstream	7.46	5.53	27.6	59.6	2.8	0.075
E	Upstream	8.39	5.32	5.45	11.6	2.1	0.030
	Downstream	7.86	5.32	21.8	48.2	2.4	0.115
F	Upstream	7.28	4.70	12.3	26.2	1.1	0.018
	Downstream	7.02	4.72	8.45	18.4	0.9	0.107

주: 1) : 2010년 9월 강수 1일 후 측정된 결과임

해야 할 것으로 판단된다(안태웅 등, 2009; 김성원 등, 2008; 최지연 등, 2009; 손현근 등, 2008; 손명덕 등, 2007). 연구대상지 E의 수질은 하류에서 허용기준을 초과하는 것으로 측정되었는데, 이것은 해당 하천 종류에서 토목공사가 이루어지고 있어 김준영과 장인성(2007)이 제시한 공사장에 의한 오염부하량 증가를 주요 원인이라고 유추해 볼 수 있다.

조사시기별 수질의 차이는 평상시(Table 3)에 비해 강우 시(Table 4)가 BOD, COD, SS, T-P 모두 수질 허용기준에서 벗어나, 강우 시 주변 유역의 축사 및 농경지로 부터의 비점오염 발생을 제시한 선행연구의 결과로 미루어 볼 때 침투트렌치, 우수지, 저류지 등 하천으로의 비점오염 유입 차단 및 개선 방안이 모색되어야 할 것으로 판단된다(농업과학기술원과 환경정책평가연구원, 2004; Perez-Pedini et al., 2005).

나. 토양환경 분석

본 연구대상지의 토양환경은 도시민의 식수원과 연결되어 있는 만큼 인간 및 동식물의 피해를 예방할 필요가 있다고 판단하여 토양내의 중금속 함량을 분석해 토양오염도를 분석하였고, 토양환경보전법에서 제시한 하천의 우려기준을 적용하여 그 위해성 여부를 평가하였다(환경부, 2010a).

토양오염도 분석결과 6가크롬은 검출되지 않았으며, 우려기준과 비교해 보면 카드뮴 1/19, 니켈 1/12, 납

1/20, 구리 1/29, 수은 1/840의 정도로 검출되었다. 다만 연구대상지 B의 상류에서 카드뮴 검출량이 우려기준의 1/2.5 수준으로 지속적으로 축적된다면 우려기준에 도달할 수 있으므로 지속적인 관찰과 함께 필요한 경우 오염원의 차단을 고려하여야 할 것으로 사료된다. 이는 농업생태계의 오염물질 유입증가는 국민건강과 관련된 사회 문제로 대두되고 있으며, 식물의 생육장애와 함께 인간에게는 2차 피해를 유발할 수 있기 때문이다(정구복 등, 2007; Adriano, 1992).

연구대상지의 토양물리성 분석 결과, 토성은 대체로 모래 함량이 높은 Sand 계통으로 분석되어 습지 식생이 발달하기에는 부적합한 것으로 판단된다(손진관 등, 2010; 조강현, 1992). 이경보 등(2003)의 소하천 토양조사 시 상류의 토양에서는 모래가, 하류에서는 미사가 높은 함량을 보인 연구결과와 비교해 보면 본 연구대상지 토양의 높은 모래 함량은 수로를 통해 미사질 토양의 유실이 발생했음을 추측해 볼 수 있다. 연구대상지 D의 하류에서 미사 축적 증가는 보의 설치에 따른 것으로 판단되며, 소와 여울을 적절히 조성하여 토양의 퇴적 및 이를 활용한 비오톱 조성을 유도해야 할 것으로 판단된다(강방훈 등, 2011; 櫻井喜雄, 2003).

연구대상지의 토양화학성 분석결과 pH는 6.7~7.5 범위로 미사 함량이 많은 만경강 소하천 저지토 범위(4.83~6.74)보다 높았으며(이경보 등, 2003), 유효인산 및 유기물 함량의 경우 연구대상지 A 상류를 제외하면 습지

Table 5 The analysis results of soil heavy metals at 6 study sites

Site		Cd	As	Ni	Pb	Cu	Zn	Cr ⁶⁺	Hg
		mg/kg							
A	Upstream	0.28	ND	3.73	7.44	6.21	32.91	ND	0.0170
	Downstream	ND	ND	4.83	8.16	6.45	38.70	ND	0.0140
B	Upstream	4.09	107.12	21.72	74.30	18.99	153.22	ND	0.0170
	Downstream	1.23	24.20	22.61	28.19	17.02	104.55	ND	0.0210
C	Upstream	0.21	ND	33.24	20.90	36.25	107.15	ND	0.0035
	Downstream	ND	ND	28.61	15.20	29.07	90.92	ND	0.0049
D	Upstream	ND	ND	10.81	15.22	9.92	68.58	ND	0.0045
	Downstream	ND	ND	21.62	13.58	25.83	101.12	ND	0.0007
E	Upstream	ND	ND	2.80	12.56	6.62	53.07	ND	0.0120
	Downstream	ND	ND	4.36	13.82	8.61	61.00	ND	0.0120
F	Upstream	ND	ND	20.81	13.83	23.56	83.55	ND	0.0014
	Downstream	ND	ND	16.27	13.04	17.90	64.17	ND	0.0001
Evaluation Criteria*		10	50	200	400	500	600	15	10

주: * 토양환경보전법 토양오염우려기준 2지역 : 지목이 임야·염전·대·창고용지·하천·유지·수도용지·체육용지·유원지·종교용지 및 잡종지인 지역

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

Site	Texture	Particle size(%)			Bulk density (g/cm ³)	Three phases of soil(%)			
		Sand	Silt	Clay		Solid	Gas	Liquid	
A	Upstream	Sand	97.6	0.2	2.2	1.64	63.2	0	36.8
	Downstream	Sand	97.1	0.3	2.6	1.79	69.5	2.7	27.8
B	Upstream	Sand	97.1	0.3	2.6	1.51	58.0	8.3	33.6
	Downstream	Sand	95.1	2.9	2.0	1.71	65.5	5.7	28.8
C	Upstream	Sand	88.9	8.5	2.6	1.42	54.3	0.1	45.7
	Downstream	Sand	94.7	3.6	1.7	1.66	63.0	0	37.0
D	Upstream	Sand	96.7	0.1	3.2	1.74	66.8	0	33.2
	Downstream	Loamy Sand	82.4	12.4	5.2	1.63	62.8	1.4	37.2
E	Upstream	Sand	93.7	2.8	3.5	1.19	46.6	4.2	49.2
	Downstream	Sand	94.1	2.4	3.5	1.52	59.3	0	40.7
F	Upstream	Sand	94.7	2.4	2.9	1.44	61.4	11.0	27.6
	Downstream	Sand	97.4	0.4	2.2	1.49	61.2	4.3	34.5

식생 조성 기준 내의 범위에 포함이 되어 생물서식공간인 비오톱 조성 시 특별한 개량작업이 없어도 복원 작업이 가능 할 것으로 판단된다.

2. 생태환경 평가

가. 소하천의 시각적 생태환경 평가(SVAP)

연구대상지 소하천의 시각적 생태환경평가(SVAP) 결과 상류지역은 평균 7.51, 하류는 6.11로 상류에 비해 하류로 갈수록 평가점수가 낮아지고 있음을 알 수 있다. 연구대상지 6개소의 평균은 6.81로 보통(Fair)으로 평가되어 일부 개선이 필요할 것으로 판단된다. 평가항목별

로는 9번 항목 소(Pool)의 유무 및 깊이 등에 대한 평가에서 평균 3.63으로 가장 낮은 결과를 보였으며, 8번 항목의 어류서식처에 대한 평가 또한 평균 5.47로 낮게 평가되었다. 따라서 본 평가를 통해 고려할 수 있는 소하천의 생태적 개선방안으로는 유량, 하상, 하폭 등을 고려한 다양한 소 및 여울의 설치(최정권, 2010; Chin, 1989; Hogan, 1986), 어류 및 수서생물의 피난처로 나뭇가지의 확보, 독립된 정수지 조성 등이 제안될 수 있다고 판단된다(USDA, 1998, 환경부, 2002). 연구대상지 별로 살펴보면 정비가 이루어진 소하천이 그렇지 않은 곳에 비해 평가결과가 높은 것으로 나타났으며, 제방이 사면형(Slope)인 소하천이 인공 직강화 형태인 수직형(Vertical)을 가지고 있는 경우에 비해 높게 평가되었다. 또한 범

Table 7 The analysis results of soil chemical properties at 6 study sites

Site	pH (1.5)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	T-N (%)	C.E.C	Ex. Cation(cmol/kg)				
							Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
A	Upstream	7.5	0.13	3	10	0.03	1.4	0.8	0.04	0.2	0.31
	Downstream	7.2	0.17	17	16	0.04	1.8	0.9	0.05	0.2	0.31
B	Upstream	6.8	0.15	26	24	0.03	3.5	2.4	0.09	0.4	0.33
	Downstream	6.7	0.16	29	30	0.04	4.3	2.3	0.12	0.5	0.31
C	Upstream	7.0	0.21	37	27	0.06	10.1	4.4	0.19	1.1	0.37
	Downstream	7.1	0.13	25	18	0.03	6.3	3.2	0.15	0.9	0.23
D	Upstream	7.1	0.13	23	25	0.04	3.5	2.5	0.08	0.3	0.34
	Downstream	7.0	0.23	15	33	0.03	6.8	4.0	0.19	0.6	0.36
E	Upstream	6.9	0.13	17	16	0.03	4.6	2.0	0.10	0.4	0.33
	Downstream	6.9	0.22	13	25	0.03	3.2	2.2	0.08	0.6	0.33
F	Upstream	6.7	0.20	37	35	0.05	5.3	3.8	0.15	0.5	0.35
	Downstream	6.7	0.13	41	30	0.04	3.2	1.8	0.10	0.3	0.33
Evaluation Criteria*		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

주: * 김현규(1999)의 인공습지 조성 시 바람직한 토양화학성

Table 8 The analysis results of SVAP at 6 study sites

Accessment Item	Max.	A		B		C		D		E		F		Average.
		Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	
1. Channel condition	10	7.0	7.0	7.0	4.3	9.0	5.7	1.0	2.3	10.0	7.0	10.0	5.7	6.33
2. Hydrologic alteration	10	8.5	7.0	9.0	9.0	9.0	8.0	10.0	9.0	9.0	8.0	9.0	7.0	8.54
3. Riparian zone	10	8.5	10.0	10.0	8.7	10.0	9.3	8.0	5.3	9.3	8.7	8.7	9.3	8.82
4. Bank stability	10	7.0	7.0	9.0	8.0	8.0	5.7	7.0	1.7	8.0	8.0	4.3	8.0	6.81
5. Water appearance	10	8.5	7.0	9.0	5.7	9.0	8.0	9.0	3.0	9.0	1.8	8.0	9.0	7.25
6. Nutrient enrichment	10	10.0	7.0	8.0	5.7	8.0	7.0	7.0	1.7	9.0	6.3	7.0	7.0	6.97
7. Barriers to fish movement	10	4.0	3.0	9.3	5.0	8.7	4.3	3.0	4.3	6.0	9.3	8.0	5.3	5.85
8. Instream fish cover	10	10.0	5.0	6.0	6.0	3.7	3.0	5.0	3.7	7.0	6.0	6.0	4.3	5.47
9. Pools	10	7.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.3	4.3	3.0	3.0	3.0	3.63
10. Invertebrate habitat	10	8.5	7.0	9.0	9.0	8.0	7.0	9.0	7.0	9.0	9.0	9.0	9.0	8.38
Average	10	7.90	6.50	7.93	6.44	7.64	6.10	6.20	4.13	8.06	6.71	7.30	6.76	6.81
Grade ¹⁾		Good	Fair	Good	Fair	Good	Fair	Fair	Poor	Good	Fair	Fair	Fair	Fair

주) 1)SVAP에 따른 판정기준 : <6.0 (Poor), 6.1-7.4 (Fair), 7.5-8.9 (Good), >9.0(Excellent)

람원의 유무에 따라서는 범람원을 포함한 하천이 그렇지 않은 하천에 비해 높게 평가되었다. 연구대상지 D 소하천 하류의 경우 제방이 직강화로 정비되고 범람원을 포함하지 않아 본 평가에서는 4.13으로 가장 낮은 결과를

보였다. 따라서 콘크리트 호안블록은 식물의 생육기반이 확보 될 수 있는 공법으로 교체할 필요가 있으며(김원식 등, 2011), 소하천 정비 시 생태환경에 입각한 바람직한 방향의 정비가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Table 9 The analysis results of NRCS Riparian Assessment at 6 study sites

Accessment Item	Max.	A		B		C		D		E		F		Average
		Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	Up	Down	
1. Stream Incisement	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.00
2. Lateral Cutting	8	8	8	8	8	3	8	3	8	5	5	3	8	6.25
3. Stream Balance	6	6	6	6	6	4	2	4	2	6	4	4	4	4.50
4. Deep, Binding Rootmass	6	6	6	6	6	2	2	4	2	2	2	2	6	3.83
5. Riparian/Wetland, Vegetative Cover	6	6	6	6	6	2	2	2	0	4	2	2	4	3.50
6. Noxious Weeds*	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.00
7. Undesirable Plants*	3	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0.50
8. Woody Species Establishment	8	0	0	2	0	4	0	4	0	6	2	6	0	2.00
9. Browse Utilization	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
10. RiparianArea/ Floodplain Characteristics	8	2	2	4	4	2	2	2	0	4	0	6	2	2.50
Average	60	33	33	38	35	22	22	24	18	32	21	30	29	31.58
Grade ¹⁾		At risk	At risk	At risk	At risk	Non	Non	Non	Non	At risk	Non	At risk	Non	At risk

주: Noxious Weeds : 국내의 환경부 위해종을 기준으로 구분, Undesirable Plants : 국내 귀화식물을 기준으로 구분, 1) : NRCS의 평가 판단기준 (80-100%:Sustainable, 50-80%:At risk, <50%:Non sustainable).

나. NRCS 수변 평가

연구 사례대상지에 미국 농무성 자연자원보전국(USDA-NRCS)의 수변평가법을 적용한 결과 C, D 조사지의 상·하류 모두에서 낮은 평가결과를 보였고, 정비가 이루어진 A, B 조사지의 상하류에서 높은 평가결과를 보였다. 이 평가결과는 소하천의 시각적 생태환경 평가(SVAP) 결과와 다소 비슷한 양상을 보인다고 판단된다. 평가 항목별로 살펴보면 9번 항목의 하천 주변 수목의 이용에 관한 사항은 우리나라 하천의 특성 상 이용이 불가능하거나 수목이 존재하지 않아 평균 0점으로 평가되었으며, 귀화식물로 평가한 도입종에 대한 7번 항목은 환삼덩굴, 아까시나무, 개망초 등이 다소 많이 관찰이 되어 낮은 점수로 평가되었다. 배정희 등(2008)의 연구에 미루어 봤을 때 하천의 구조에 따라 귀화식물의 차이는 확인되지 않으므로 귀화식물의 제거를 통한 점진적 서식영역 감소를 도모해야 할 것으로 판단된다(오현경 등, 2009). 또한 소하천의 캐노피를 평가하는 8번 항목 조사 결과 낮은 점수로 평가되어 소하천의 식생 향상을 위한 적절한 수목의 배치 및 유도 방안을 모색해야 할 것으로 보인다. 연구대상지별로 살펴보면 SVAP 평가결과와 마찬가지로 소하천정비가 일부 이루어져 직강화 제방이 축조되고 범람원이 없는 연구대상지 D의 하류가 18점으로 가장 낮게 평가되었으며, 콘크리트 구조물을 포함하고 있는 C, D가 그 다음으로 낮은 평가결과를 보였다. 따라서 앞에서 거론 한 것과 마찬가지로 콘크리트 호안블록은 식물의 생육기반이 확보 될 수 있는 공법으로 교체할 필요가 있다(김원식 등, 2011).

IV. 요약 및 결론

농촌마을 소하천은 이수 및 치수기능과 함께 환경적 기능도 수행 할 수 있는 자연자원으로 생물다양성의 유지, 관리 측면에서 하천생태계의 보호, 보전 및 복원은 더욱 중요하게 요구되고 있다. 그러나 소하천 정비 현장에서는 이수 및 치수 기능정비에 중점을 두고 있어 생태환경 부분은 소홀이 다루어지고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 농촌지역 소하천의 생태복원 및 개선사업에 활용할 수 있는 기초자료를 생산하기 위하여, 한강유역 소하천 6개 지점을 사례대상지로 정하여 수질 및 토양환경 분석, 그리고 시각적 생태환경평가법(SVAP; USDA, 1998)과 NRCS의 수변평가법(USDA, 2004)을 적용하여 생태환경평가를 수행하였다. 연구추진 과정에서 소하천을 평가하는 데 이용한 평가방법인 미국 농무성에서 개발한 평가모형인 시각적 생태환경평가법과 수변평가법은

국내 소하천에 적용하기에 부적합한 항목으로 비료사용, 염도, 하천 주변 수목의 이용 등이 다소 존재하였다. 평가항목의 유해한 잡초(Noxious weeds)인 경우 국내의 환경부에서 지정한 위해종을 기준으로 구분하였으며, 바람직하지 않은 식물종(Undesirable Plants)은 국내 귀화식물을 기준으로 구분한 경우처럼 일부는 국내에 맞게 개선이 필요할 것으로 판단된다. 약간의 지식과 교육만으로도 평가가 다소 용이하다는 면에서 볼 때 추후 농촌주민이 참여하는 소하천 평가 및 관리·복원사업이 이루어지기 위해서 본 평가방법의 일부 개선을 통한 활용을 검토해 볼만 하다고 판단된다.

연구결과를 바탕으로 도출한 결론은 다음과 같다.

1) 연구 사례대상지 소하천의 평가결과에 대한 고찰

사례대상지의 수질환경은 환경정책기본법에서 규정한 하천의 수질환경기준과 비교했을 때 pH와 DO는 대체로 적정범위로 조사되었으며, BOD, COD, T-P의 경우 1개의 연구대상지의 하류에서 나쁘게 측정이 되었다. 또한 강우후의 수질 조사결과가 허용기준 이하로 측정이 되어 비점오염원의 관리가 필요한 것으로 나타났다. 이에 대한 수질 개선방안으로 저류지, 습지, 수질정화시설의 설치, 그리고 침투트렌치, 유수지, 저류지 등의 설치를 통한 오염부하량 감소 방안이 모색되어야 할 것으로 판단된다. 토양오염도 분석결과 대체로 양호한 편이었지만 연구대상지 1개소에서 카드뮴과 비소가 검출이 되어 이에 대한 오염원을 찾아 소하천으로의 유입을 철저히 차단하는 조치가 강구되어야 할 것으로 판단된다. 또한 연구대상지의 토성은 대체로 모래함량이 높은 Sand 계통으로 분석되어 습지식생이 발달하기에는 부적합하므로 소와 여울을 적절히 조성하여 토양의 퇴적 및 이를 활용한 비오톱 형성을 유도해야 할 것으로 판단된다. 생태환경 평가결과 소(Pool)의 유무 및 깊이, 어류서식처 유무 등에서 낮은 결과를 보여 다양한 소의 설치 및 나뭇가지, 독립된 정수지 등의 형성을 개선방안으로 제시하였다. 식생과 관련된 평가결과 우리나라 하천의 특성 상 하천 주변에 수목이 식재되어 있지 않고 환삼덩굴, 아까시나무, 개망초 등의 귀화식물이 많이 관찰이 되어 소하천의 식생향상을 위한 적절한 수목의 배치 및 귀화식물의 제거 등의 적극적인 방안을 모색해야 할 것으로 보인다.

2) 농촌지역의 소하천 개선사업의 방향

소하천의 생태환경을 평가한 결과 공통적으로 정비가 이루어진 곳이 일부 이루어진 곳에 비해 높은 평가점수를 받았으므로 소하천 정비의 필요성은 인정되었다고 할

수 있다. 하지만 제방형태가 사면형(Slope)인 소하천이 인공 직강화 형태(Vertical)에 비해 높게 평가되었고, 범람원을 포함한 소하천이 그렇지 않은 소하천에 비해 높게 평가되었으므로 이에 따른 생육기반이 확보 될 수 있는 방향으로 준비가 이루어 져야 할 것으로 판단된다. 또한 귀화식물은 서식영역이 줄어들 수 있도록 제거가 필요하며, 어류 및 수서생물을 위한 소 및 여울, 정수지 등을 유량, 하상, 하폭 등을 고려해 설치 할 필요가 있다고 판단된다. 이러한 점을 고려하여 소하천 개선사업 시 우선순위 결정 등을 포함한 사업방향이 설정되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구의 결과로 미루어 봤을 때 소하천은 대체적으로 개선이 필요하므로 지속적인 모니터링 및 관리를 통해 농촌지역의 우수한 비오톱으로 개선시킬 수 있도록 노력해야 할 것으로 판단되며, 본 연구결과가 소하천의 생태기능 개선사업에 활용되길 기대한다.

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

참고문헌

1. 강방훈, 조승진, 손진관, 2011, 소하천의 생태환경 평가연구 : 흥동천 사례를 중심으로. 한국습지학회 발표논문집.
2. 김동찬, 이정, 박익수, 2000, 자연형 하천복원을 위한 하천자연도 평가-수원천을 중심으로, 한국조경학회지, 27(5), 138-149.
3. 김용범, 임양재, 1990, 탄천의 대형수생식물 군락분포와 환경. 한국생태학회지, 13, 297-309.
4. 김원식, 박정인, 이경재, 한봉호, 2011, 한강 하천 제방 호안공법에 따른 식생분포 특성 연구, 한국환경생태학회지, 25(1), 17-30.
5. 김성원, 최이송, 오종민, 2008, 비점오염저감을 위한 수변완충지대의 적정 설계. 한국환경영향평가학회지, 17(1), 1-9.
6. 김준영, 장인성, 2008, 농촌 소하천 유역의 건설현장이 하천오염에 미치는 영향에 관한 연구, 한국환경과학회지, 17(3), 297-330.
7. 김준호, 김훈수, 이인규, 김종원, 문형태, 세계홍, 김원, 권도흔, 유순애, 서영배, 김영상, 1982, 낙동강 하구 생태계의 구조와 기능에 관한 연구, 서울대 자연대 논문집, 7, 122-163.
8. 김창완, 이두한, 우효섭, 2006, 새로운 하천관리 기술 개발을 위한 다기능 하천실험장 구축, 대한토목학회지, 54(10), 14-23.
9. 농업과학기술원, 2000, 토양 및 식물체 분석법.
10. 농업과학기술원-환경정책평가연구원, 2004, 친환경 농업의 환경부하오염원별 관리방안 연구.
11. 손명덕, 조옥상, 강성욱, 신대범, 서하나, 안영찬, 2007, 와류조, 유수분리구조로 구성된 비점오염저감 장치 개발 및 평가, 대한환경공학회지, 2007(2), 1127-1133.
12. 손진관, 강방훈, 김남춘, 2010, 농지연못습지의 수질 및 토양환경 분석, 한국환경복원기술학회지, 13(3), 46-62.
13. 손현근, 이은주, 이소영, 최지연, 김미형, 2008, 비점원 오염물질관리 : 포장지역의 비점오염물질 저감 기술 개발, 한국물환경학회지, 2008, 43-44.
14. 신정이, 김수복, 김영규, 1998, 소하천 정비 이후 직강화 구간과 자연형구간의 수질과 식생 비교조사. 한국식물-인간-환경학회지, 1(2), 92-103.
15. 안태웅, 최이송, 오종민, 2009, 하도 생물서식처에 따른 양화천의 수질 및 퇴적물 특성 연구. 한국물환경학회지, 2009, 609-610.
16. 오현경, 임동욱, 김용식, 2009, 변산반도 국립공원의 귀화식물 분포특성 및 관리대책, 한국환경생태학회지, 23(2), 105-115.
17. 이경보, 김창환, 김종구, 이덕배, 이상복, 나승용, 2003. 만경강 소하천의 토양환경과 식생분포, EnvSciences 12, 9-21.
18. 이경보, 이덕배, 이상복, 김재덕, 1999, 만경강 수계 농업용수의 시기별 수질변화, 한국환경노학회지, 18(1), 6-10.
19. 이승수, 이동신, 박성열, 최상미, 김현진, 이하늘, 김이슬, 2010, 청주시 유역 소하천 조사 분석, 건설기술연구소 논문집, 29(2), 81-86.
20. 이춘석, 라순애, 1997, 농촌마을 소하천의 구간별 특성에 관한 연구 : 농촌 주거지역 소하천의 구조, 수질, 식생을 중심으로, 한국농촌계획학회, 3(1), 23-32.
21. 임승빈, 이춘석, 2000, 주변 토지이용과 주민 이용 선호도를 고려한 농촌마을 소하천 표준 횡단면 설계, 농촌계획, 6(1), 29-37.
22. 이영숙, 2003, 저수지 수변공간의 생태계 복원을 위한 식생 개선방안에 관한 연구 : 시흥시의 6개 저수지를 중심으로, 단국대학교 대학원 석사학위논문.

23. 정구복, 김원일, 이종식, 김진호, 이정택, 2007, 토양 내 중금속 존재형태와 미나리중 함량과의 관계, 한국토양비료학회, 40(2), 164-171.
24. 조강현, 1992, 팔당호에서 대형수생식물에 의한 물질순환과 질소와 인의 순환, 서울대학교 대학원 박사학위논문.
25. 조용현, 1997, 생태적 복원을 위한 중소하천 자연도 평가방법 개발, 서울대학교 박사학위논문.
26. 최정권, 2010, 도시하천의 생태적 재생계획에 관한 연구: 안양시 수암천을 대상으로, 한국환경복원녹화학회지, 13(6), 133-144.
27. 최지연, 이소영, Maira C. Maniquiz, 강창국, 이정용, Joan B. Gorme, 김이형, 2009, 자연적물순화시스템을 가진 침투여과 비점오염저감기술 개발, 대한상하수도학회, 한국물환경학회지, 2009, 645-664.
28. 최지용, 2002, 물환경 생태복원을 위한 수질관리: 수변완충녹지(Buffer Zone)관리를 중심으로, 환경생물학회지, 20, 20-29.
29. 충남발전연구원, 2009, 충청남도 비점오염물질저감 시설의 운영실태 및 설치 방안, 유기물(BOD₅)을 중심으로.
30. 환경부, 2000, 토양오염공정시험방법.
31. 환경부, 2002, 하천복원 가이드라인.
32. 환경부, 2008, 수질오염공정시험방법.
33. 환경부, 2010a, 토양환경보전법.
34. 환경부, 2010b, 환경정책기본법.
35. 櫻井喜雄, 2003, 川づくりとすみ場の保全, 信山社サイテック.
36. Adriano, D. C., 1992, Biogeochemistry of trace metals. Lewis publishers.
37. Chin, A., 1989, Step-pools in stream channels, Progress in Physical Geography, 13, 391-407.
38. Mitsch, W. j., and Gosselink, J. G., 1993, Wetland (Second Edition), John Wiley & Sons, Inc.
39. Hogan, D. L., 1986, Stream Channel Morphology : Comparison of Logged and Unlogged Watersheds in the Queen Charlotte Islands, Master's Thesis, Department of Geography, University of British Columbia.
40. Perez-Pedini, C., Limbrunner J. F., and Vogel R. M. 2005, Optimal Location of Infiltration-Based Best Management Practices for Storm Water Management, J. Water Resour. Plan. Mgmt., 131(6), 441-448.
41. Rosgen, D. L., 1996, Applied River Morphology. Wildland hydrology, pagosa springs CO.
42. Tiner, R. W., 1999, Wetland Indicators : A Guide to Wetland Identification, Delineation, Classification and Mapping, Lewis Publishers.
43. USDA, 1998, Stream Visual Assessment Protocol, NWCC Technical Note 99-1.
44. USDA NRCS. 2004, Riparian Assessment : Using the NRCS Riparian Assessment Method.

접 수 일: (2011년 4월 11일)

수 정 일: (1차: 2011년 5월 6일, 2차: 5월 30일
3차: 6월 10일)

게재확정일: (2011년 6월 10일)

■ 3인 익명 심사필