

중 · 소하천에서 물리적 구조의 교란과 하안식생 귀화율의 관계

천예준¹⁾ · 최윤의¹⁾ · 홍선희²⁾ · 전진형³⁾

¹⁾ 고려대학교 대학원 환경생태공학과 · ²⁾ 고려대학교 생명과학대학 환경생태연구소

³⁾ 고려대학교 생명과학대학 환경생태공학부

The Relationship between Disturbances of Hydromorphological Structures and Naturalized Plants Ratio in Small and Mid-sized Streams

Chun, Yeajun¹⁾ · Choi, Yun Eui¹⁾ · Hong, Sun Hee²⁾ and Chon, Jinhyung³⁾

¹⁾ Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Graduate School, Korea University,

²⁾ Institute of Environment and Ecology, Korea University,

³⁾ Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University.

ABSTRACT

Current ecological stream restoration is focusing on recovery of physical characteristic and ecological functions of individual stream. For effective stream restoration, the relationship between stream environment and riparian flora should be investigated. The purpose of this study is to analyze the relationship between disturbance of hydromorphological structures and naturalized plants ratio in small to mid-sized streams. For the study sites, Gwanpyeong stream, Dongdal stream, and Yongchoo streams were chosen as 'reference stream' while, Gunnam stream, Anchang stream, and Hwa stream were chosen as 'damaged stream'. The hydromorphological structures of streams were evaluated with LAWA and flora of the streams were completely enumerated to calculate naturalized plants ratio. The result showed that there was a significant correlation between the outcome of LAWA and naturalized plants ratio($r=0.675$, $p<0.01$). The result of factor analysis of LAWA identified three factors, 'River

First author : Chun, Yeajun, Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Graduate School, Korea University, Seoul 136-713, Korea,

Tel : +82-2-3290-3621, E-mail : absoluton@korea.ac.kr

Corresponding author : Chon, Jinhyung, Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea,

Tel : +82-2-3290-3621, E-mail : jchon@korea.ac.kr

Received : 14 December, 2012. **Revised** : 22 January, 2013. **Accepted** : 15 February, 2013.

front and land use', 'River bed materials and structures', and 'Crossing structure and bar'. Among the factors of hydromorphological structures given by the result of factor analysis, 'river front and land use' and 'bed materials and structures' have statistically significant relationship with naturalized plants ratio($R^2=0.470$, $p<0.01$). Given this results, quantitative analysis on the relationship between disturbance of hydromorphological structures of streams and naturalized plants ratio could provide some essential information for stream restoration. Also, as this study figured out major factors of hydromorphological structures that affect naturalized plants ratio, it might help monitor ecological states and current problems of small and mid-sized streams.

Key Words : River, Naturalized plants ratio, hydromorphological structures of Streams, Riparian vegetation, Ecological Disturbance

I. 서 론

하천은 인간의 생존을 위한 필수적인 자연환경이며, 인류 문명의 발상지이기도 하다. 예로부터 하천 주변은 물을 구하기가 쉽고 토양이 비옥하며 수로를 이용할 수 있기 때문에 취락입지로 선호되어왔다(Son, 1998). 산업화 이전부터 하천변을 적절히 이용하기 위하여 하천정비를 시행해 왔으며, 산업이 발달함에 따라 수계를 일관한 개수방식으로의 전환과 치수를 우선한 개수에서 이수와 환경을 고려한 하천정비사업이 주를 이루게 되었다(Jeon 2011). 그러나 산업화와 더불어 진행된 하천개수공사 등은 하천의 생태성을 심각하게 훼손하기도 하였다.

이에 따라 1990년대 중반 이후 하천 생태의 중요성이 대두되기 시작하면서 하천복원의 필요성과 자연보호기능, 친수기능, 공간기능 등의 다양한 환경기능에 대한 요구가 증대되고 있다(Jung et al, 2004). 수원천, 양재천 등이 이러한 배경 하에 복원되었고, 2005년에는 청계천 복원공사가 완료되었다. 이후에도 전국적으로 수많은 지자체에서 생태하천 복원공사를 계획·수행하여 왔다.

생태하천이란 하천이 지닌 본래의 자연성과

생태적 기능이 최대화 될 수 있도록 조성된 하천을 뜻하며(ME, 2011) 생태하천을 목표로 한 하천복원은 하천의 생태적 기능을 과거 교란 전 상태에 가깝게 되돌리는 것을 의미한다(Woo · Kim, 2010). 따라서 도시화된 하천을 자연적인 생태하천으로 복원하기 위해서는 각기 하천이 지니고 있는 고유한 특성을 고려하고, 생태공학·환경공학적 접근을 해야 하며 하천생태계 고유의 구조와 기능 파악을 토대로 종합적인 관점에서 복원할 수 있어야 한다(Byeon, 2010a). 또한 생태계의 다양성이 유지되고 인위적 교란이 적은 자연 친화적 하천을 목표로(Kim, 2009) 다양한 분야를 융·복합하는 총괄적인 관점에서 우리 풍토에 맞는 생태하천을 설계해야 한다(Byeon, 2010a).

하지만 현재까지 우리나라의 대부분의 하천정비는 아직까지 재난방지를 목적으로 정비된 채로 남아있다(Woo, 2010). 하천의 자연적 기능을 도외시하고 공학적인 기능만을 강조한 정비공법과 토지이용을 제고한 하천의 직강화, 제방축조 및 하천변의 변화가 이루어지면서 생물 서식 공간, 자정능력 및 친수공간이 상실되어왔다(Shin · Cho, 2001). 인위적으로 개발된 하천에서는 하천의 생태성 저하 및 하안식생의 감소로

이어져 왔으며, 한편으론 다양한 지역에서 귀화 식물의 침입으로 인한 자생식물 감소로 귀결되기도 하였다(Cho, 2000; Czech et al, 2000). 하안 식생(riparian vegetation)은 하안제방의 안정성을 강화하고 수체로 유입되는 햇빛을 적절히 유지하는 등(Congalton et al, 2002) 하천의 다양한 생태적 기능에 영향을 미치는 중요한 요소이다(Fernandes, 2011). 따라서 귀화식물로 인한 하안 식생 교란은 하천의 생태적 기능이 저하를 야기할 수 있음을 의미한다(Derric et al, 2010).

귀화식물은 여러 가지 매개를 통해 국외의 자생지에서 국내로 유입되어 야생하게 된 식물 등을 총칭하며(Lim · Jeon, 1980) 척박한 지역에서도 잘 정착하고 생장이 빠르며 인위적인 영향을 많이 받고 있는 지역을 중심으로 군락을 이루기도 한다(Kim et al, 1997). 또한 도시화가 진행되었던 하천들의 경우 하안 식생군락이 귀화식물의 침입을 받아 생태성이 교란되기도 하였다(McKinney, 2002). 이에 따라 세계 각국에서는 인위적인 간섭에 의한 귀화식물의 침입을 방지하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다(Kim et al, 2006).

하천의 생태적 기능회복을 위해 가장 중요한 분야는 식생분야이며(Choi et al, 2010). 하천 식물군집은 하천회랑의 복원에 대한 조건, 취약성, 잠재력을 결정하는데 중요한 역할을 하기도 한다(Cho, 2000). 따라서 건강한 하천환경을 조성하기 위해서는 하천 식생을 이용하여 생태적 복원기회를 극대화 시켜야 하며(Choi et al, 2010) 앞으로도 하천식물의 여러 환경조건을 더 자세히 규명해야할 필요가 있다(Kim et al, 2008).

이에 국내에서는 하천복원을 위한 이론에 대한 연구가 진행되어왔으며(Park et al, 2005; Kim et al, 2007; Song · Kim, 2008; Choi · Ahn, 2012), 한편으론 생태적 수질정화 비오톱 시스템이나(SSB; Sustainable Structured wetland Biotop)(Byeon, 2010b), 콘크리트 인공호안 대체 공법(Park et al, 2012)등 구체적인 하천복원 방안

에 관한 연구가 계속되어왔다.

또한 국내·외에서는 다양한 시각에서 하천의 생태적 환경조건과 하안 식생의 관계에 대한 연구가 활발히 진행되어왔다. 하천의 생태적 환경조건에 관한 연구 중에는 하천의 물리적 구조변형이 하천식생에 미치는 영향을 모니터링 한 연구 등이 지속적으로 수행되어 왔으며(Jung et al, 2004; Bea et al, 2008), 하천의 생태성을 평가하기 위하여 하천 주변의 환경요인과 물리적 구조를 분석하고 변화를 지속적으로 모니터링 하는 연구 또한 다양하게 진행되어 왔다(Kim, 2004; Kim · Kim, 2005; Kim et al, 2007; Kim et al, 2007; Choi, 2010). 또한 도시의 팽창으로 인하여 하천변의 식생대가 훼손되기도 하므로(Pennington et al., 2008) 도시의 발달이나 인위적인 요인으로 인한 하천 환경 변화가 식생에 미치는 연구도 다양한 시각에서 수행되었다(Inoue · Nakagoshi, 2001; White · Greer, 2006; Mallika · Richardson, 2009; Choi et al, 2010).

하안 식생의 교란에 대한 연구로는 다양한 환경과 특징을 가지고 있는 지역에서의 귀화식물 분포 실태를 파악하고 이를 모니터링한 연구가 진행되어 왔으며(Kang · Kwak, 1998; Shin · Cho, 2001), 도시하천에 초점을 맞추어 식생군집을 분석·평가한 연구도 이루어지고 있다(Bea et al, 2008; Jung et al, 2004).

그러나 기존의 연구들은 하천의 환경요소가 식생군집에 미치는 영향에 주로 초점을 맞추었으며, 두 인자간의 상관관계를 구체적으로 밝히려는 시도는 상대적으로 부족한 실정이다. 또한 하천의 식생을 조사한 연구 중에는 하천의 상류부터 하류까지 전수 조사한 경우는 드물다. 이러한 연구의 한계점들은 연구결과를 일반화하는데 어려움으로 작용하기도 한다.

이에 본 연구는 하천의 물리적 구조와 하천변 식생 귀화율의 관계 분석을 바탕으로 하천 식생의 귀화율에 가장 큰 영향을 미치는 물리적 구조 요인을 밝혀내고자 한다. 이를 토대로

Table 1. Study sites.

	Name of stream	Watershed (river)	Location	Channel length(km)	Basin area(km ²)	No. of sites
Reference stream	Gwanpyeong	Namhan	Cheongcheon-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do	9.64	29.33	10
	Dongdal	Namhan	Suanbo-myeon, Chungju-si, Chungcheongbuk-do	13.55	53.70	9
	Yongchoo	Seomjin	Sandong-myeon, Gurye-gun, Jeollanam-do	4.11	12.40	4
Damaged stream	Gunnam	Yeongsan	Gunnam-myeon, Yeonggwang-gun, Jeollanam-do	12.53	21.00	7
	Anchang	Geum	Bunam-myeon, Muju-gun, Jeollabuk-do	12.00	26.45	11
	Hwa	Namhan	Bongsan-dong, Wonju-si, Gangwon-do	8.10	24.44	6

(NIER, 2010.; <http://www.wamis.go.kr/>)

하천 식생 귀화율과 하천의 물리적 구조의 관계를 실증적으로 밝혀내어 건전한 식생구조를 갖춘 하천복원에 활용될 기초자료를 제공하고 자 한다.

II. 연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

1) 공간적 범위

본 연구에서는 다양한 생태적 특성을 지니고 있는 하천들을 조사하기 위하여 수생태계 건강성 조사 및 평가(NIER, 2010)의 연구 결과 중 ‘서식 및 수변환경’ 항목과 ‘생물서식처’ 항목의 각 하천별 평가를 토대로 참조하천과 훼손하천을 연구 대상지를 선정하였다. 참조하천은 ‘교란이 거의 없는 자연상태의 하천으로 복원의 근거를 제공할 수 있는 하천’이고, 훼손하천은 ‘수생태계 건강성 회복이 필요한 하천’을 의미한다(NIER, 2010). 연구 대상지로 선정된 하천은 유역면적이 10~400km², 유로연장이 5~50km 내에 있는 중·소규모 하천이라는 조건 하에 선별하

였다. 이에 따라 참조하천으로는 관평천, 동달천, 용추천을, 훼손하천으로는 군남천, 안창천, 화천을 연구 대상지로 선정하였다(Table 1). 참조하천인 관평천과 동달천, 용추천은 각각 속리산, 월악산, 지리산 국립공원 인근에 위치하고 있는 특징이 있다. 훼손하천인 군남천과 안창천, 화천은 하천변 대부분이 농경지나 주거지로 개발된 지역이다.

조사구간은 LAWA(2000)에서 제시한 기준을 토대로 하천의 시점부터 종점까지 1km간격으로 조사구간을 설정하였고, 그 중 공사 등의 이유로 접근이 불가능한 지역은 제외하였다. 각 조사구간의 거리는 하천폭에 따라 200m에서 500m를 조사하였다.

2) 내용적 범위

선정된 연구 대상지의 물리적 구조 평가와 식생조사를 실시 한 후, 이를 토대로 하천복원에 필요한 방안을 제안하고자 다음과 같은 연구 문제를 선정하였다.

- ① 각 하천별 물리적 구조와 식물상 및 식생 귀화율은 각각 어떠한가?
- ② 하천의 물리적 구조 평가 결과와 식생 귀화율 사이에는 상관성이 있는가?
- ③ 하천의 물리적 구조 평가 항목 중 식생 귀화율에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 무엇인가?

2. 연구 방법

1) 하천의 물리적 구조 평가

하천의 물리적 구조를 평가하는 방법으로는 독일의 LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser)를 활용하였다(LAWA, 2000). LAWA는 종적특성, 종단면, 횡단면, 하상구조, 하안구조, 하천변의 6개 주요항목과 25개 세부항목을 기준으로 하천을 평가하는 방법으로(Table 2) 국내의 다양한 하천평가나 물리적 구조와 생물과의 상관성 연구에도 활용된 바 있다(Kim, 2004; Kim · Kim, 2005; Kim 등, 2008; Choi et al, 2010). LAWA를 통해 조사된 결과값으로 6개 주요항목별 평균지수와 조사구간별 평균지수를 도출하고, EU-WFG=WRRL(CIS-WFD, 2003)에 의거 생태성을 등급화 하였다(KICT, 2007)(Table 3).

2) 식생조사

식생조사는 물리적 구조 평가와 동일한 조사구간 내에 출현한 초본류를 전수조사 하였다. 조사된 식생은 한국생약자원생태도감(Kang, 2008)과 생태계 교란 야생 동·식물 자료집(ME, 2009)에서 제시된 생태계 교란식물 11종에 근거하여 동정하였고, 식물명은 산림청(<http://nature.go.kr/kpn>)에서 제시한 국가 표준식물목록에 준하여 정리하였다. 귀화식물은 한국 내 귀화식물 321분류군(Lee et al, 2011)에 기초하여 귀화율을 산정하였다. 귀화율은 귀화식물의 침입 정도를 나타내며 인간의 간섭의 정도와 강도를 파악할 수 있는 지표로 사용되기도 한다(Park et al, 2010).

Table 2. The Contents of Hydromorphological Structures Assessment.

Main assessment content	Subsection
1. Vertical characteristic	1.1 Vertical meandering
	1.2 Meandering erosion
	1.3 Vertical barrier
	1.4 Unique vertical structure
2. Longitudinal section	2.1 Crossing structure
	2.2 Stagnant of water
	2.3 Covering
	2.4 Crossing barrier
	2.5 Diversity of wave
	2.6 Diversity of depth
3. Cross section	3.1 Type of crossing section
	3.2 Crossing depth
	3.3 Crossing erosion
	3.4 Variety of crossing width
	3.5 Box
4. River bed	4.1 Type of material of river bed
	4.2 Protection structure of river bed
	4.3 Variety of material of river bed
	4.4 Structure of unique river bed
5. Structure of river side	5.1 Vegetation belt of river side
	5.2 Protection of river side
	5.3 Structure of unique river side
6. River front	6.1 Land use
	6.2 Lignosa of river side
	6.3 Environmental characteristic

(Kim, 2004; Choi et al, 2010)

Table 3. Table of Synthesize Assessment.

Structure grade	Meaning	Index	Ecological status EU-WFG = WRRL*
1	Wild	1.0-1.7	High
2	Little change	1.8-2.6	
3	Normal change	2.7-3.5	Good
4	Remarkable change	3.6-4.4	Moderate
5	Large change	4.5-5.3	Poor
6	Very large change	5.4-6.2	Bad
		6.3-7.0	
7	All change	6.3-7.0	

* WFG(EU Water Framework Guideline) (KICT, 2007; Choi et al, 2010)

$$\text{귀화율} = S/N \times 100(\%)$$

N : 일정 지역에 생육하는 전체 식물의 종 수
S : 귀화식물의 종 수

3) 분석 방법

연구결과에 대한 통계처리는 SPSS Win 20.0 (spss Inc., 2011)을 이용하여 분석하였다. 하천의 물리적 구조 평가결과와 식생 귀화율간의 상관관계를 분석하기위해 상관분석(correlation)을 하였다. 그리고 요인분석(factor analysis)를 통해 평가항목을 특성별로 축약한 뒤 회귀분석(regression)을 실시하여 평가항목과 식생 귀화율간의 관계성을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 연구 대상지의 물리적 구조 평가 결과와 식물상 및 귀화율

1) 관평천

① 물리적 구조 평가 결과

관평천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다 (Figure 1). 종적특성은 1-7점 척도를 사용하여 평균 2.17로 생태성은 2등급으로 나타났다. 종단면은 평균 3.09로 3등급으로 평가되었으며, 횡단면 또한 평균 2.77로 3등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 2.15로 2등급, 하안구조는 평균 2.95로 3등급으로 나타났으며, 하천변은 평균 4.25로 다른 평가항목보다 낮은 수치인 4등급으로 평가되었다.

관평천은 참조하천으로 분류되었으나 2구간, 5구간, 10구간은 4등급으로 평가되어 국지적으로 물리적 구조가 훼손된 것으로 나타났다(Table 4).

② 식물상 및 귀화율

관평천에서 확인된 식물상은 44과 119속 152종으로 나타났다. 관평천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 국화과가 31종(20.3%)으로 가장 많았고 다음으로는 벼과 18종(11.8%), 십자화과 10종(6.6%), 마디풀과 7종(4.6%), 석죽과 7종(4.6%), 꿀풀과 6종(3.9%), 콩과 6종(3.9%), 장미과 5종(3.2%) 등의 순으로 나타났다.

관평천에서 서식하는 귀화식물은 총 13과 25속 26종으로 조사되었다. 이에 따라 관평천의 귀화율은 약 17.1%로 산출되었다. 전 구간에 걸쳐 물리적 구조 평가 결과와 귀화율이 비례하는 형

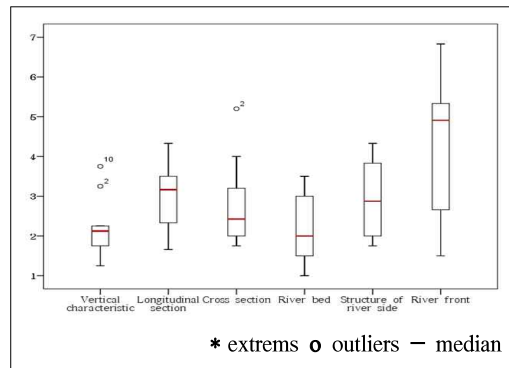


Figure 1. Hydromorphological Structures Assessment of Gwanpyeong Stream.

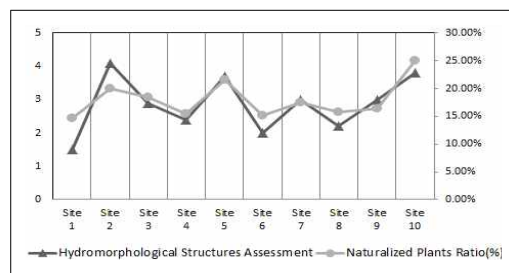


Figure 2. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Gwanpyeong Stream.

Table 4. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Gwanpyeong Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7	Site8	Site9	Site10
Index	1.56	4.15	2.91	2.44	3.70	2.01	3.03	2.23	3.05	3.87
Grade	1	4	3	2	4	2	3	2	3	4

Table 5. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Dongdal Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7	Site8	Site9	Site10
Index	3.08	2.08	1.45	2.18	-	2.58	1.77	3.81	2.38	3.52
Grade	3	2	1	2	-	2	1	4	2	3

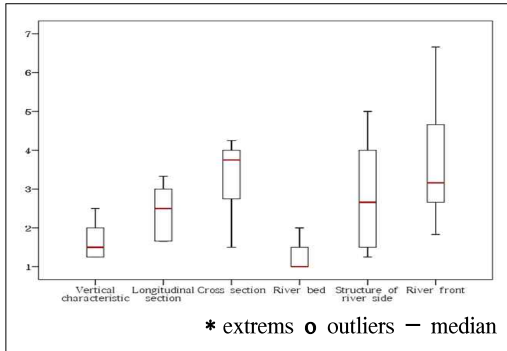


Figure 3. Hydromorphological Structures Assessment of Dongdal Stream.

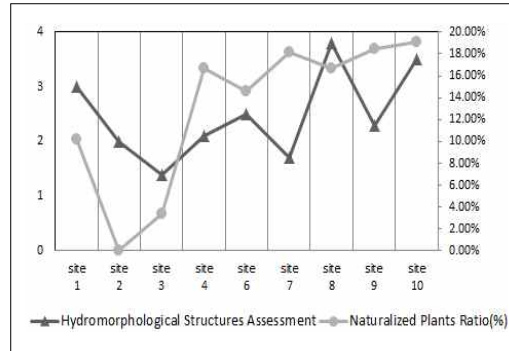


Figure 4. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Dongdal Stream.

태를 보이고 있다(Figure 2). 7 구간에서는 생태계 교란종인 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)이 발견되어 잠재적 식생교란이 우려되며 주변주민의 건강을 위해 신속한 제거사업이 필요하다.

2) 동달천

① 물리적 구조 평가 결과

동달천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다(Figure 3). 종적특성은 1-7점 척도에서 평균 1.69로 가장 낮았으며 생태성은 1등급으로 나타났다. 종단면은 평균 2.43으로 2등급으로 평가되었으며, 횡단면은 평균 3.33으로 3등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 1.27로 1등급, 하안구조는 평균 2.69로 2등급으로 나타났으며, 하천변은 평균 3.82로 다른 평가항목보다 낮은 4등급으로 평가되었다.

동달천의 5구간은 하천 내부로의 접근이 금지되어 조사 대상에서는 제외되었으며, 8구간은 하천주변에 많은 지역이 개발되는 중에 있어 유일하게 4등급으로 평가되었다. 그 밖에 지역은

모두 4등급 이하의 평가를 받아 물리적 구조가 다른 연구 대상지보다 비교적 잘 보전된 상태였다(Table 5).

② 식물상 및 귀화율

동달천에서 확인된 식물상은 37과 82속 109종이다. 동달천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 국화과가 19종(17.4%)으로 가장 많았고 다음으로는 벼과 12종(11.0%), 십자화과 10종(9.1%), 마디풀과 7종(6.4%), 석죽과 6종(5.5%), 백합과 5종(4.5%), 콩과 5종(4.5%) 등의 순으로 나타났다.

동달천에서 서식하는 귀화식물은 총 10과 17속 19종으로 조사되었다. 하류방면으로 갈수록 귀화율이 높아지는 경향을 보인다(Figure 4). 2 구간의 경우 귀화식물이 발견되지 않았다. 동달천 전체의 귀화율은 약 17.4%로 산출되었다.

3) 용추천

① 물리적 구조 평가 결과

용추천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목

Table 6. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Yongchoo Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4
Index	2.06	2.22	2.94	3.68
Grade	2	2	3	4

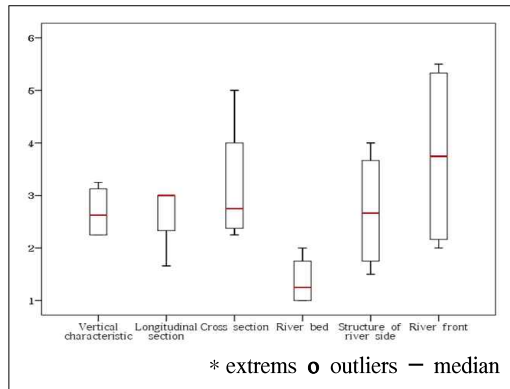


Figure 5. Hydromorphological Structures Assessment of Yongchoo Stream.

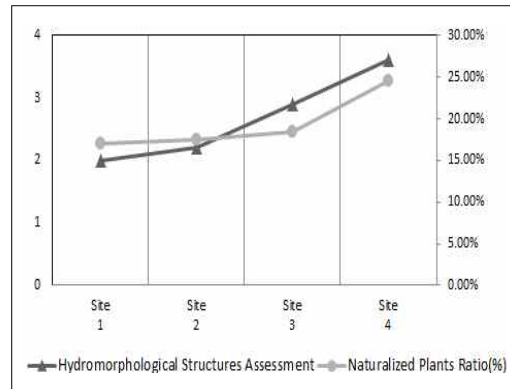


Figure 6. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Yongchoo Stream.

별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다 (Figure 5). 종적특성은 1-7점 척도에서 평균 2.68로 생태성은 2등급으로 나타났다. 종단면은 평균 2.66으로 2등급으로 평가되었으며, 횡단면은 평균 3.18로 3등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 1.37로 드물게 1등급으로 조사되었고, 하안구조는 평균 2.70으로 3등급으로 나타났으며, 하천변은 평균 3.75로 다른 평가항목보다 낮은 수치인 4등급으로 평가되었다.

구간별로 조사해 보았을 경우, 용추천의 상류에서 하류로 갈수록 물리적 구조가 훼손되는 경향을 보였다. 마지막 구간인 4 구간의 경우 4등급을 나타내었다(Table 6).

② 식물상 및 귀화율

용추천에서 확인된 식물상은 36과 84속 96종이다. 용추천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 국화과가 17종(17.7%)으로 가장 많았고 다음으로는 벼과 13종(13.5%), 마디풀과 7종(7.2%), 석죽과 7종(7.2%), 십자화과 6종(6.2%),

콩과 6종(6.2%) 등의 순으로 나타났다.

용추천에서 서식하는 귀화식물은 총 12과 19속 20종으로 조사되었다. 이에 따라 용추천의 귀화율은 약 20.8%로 산출되었다. 특히 4구간은 가장 높은 귀화율을 나타내었으며(Figure 6) 생태계 교란종인 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)이 발견되어 잠재적 식생교란이 우려되었다.

4) 군남천

① 물리적 구조 평가 결과

군남천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다 (Figure 7). 종적특성은 1-7점 척도를 사용하여 측정된 결과 평균 2.78로 생태성은 3등급으로 나타났다. 종단면은 평균 5.33으로 5등급으로 평가되었으며, 횡단면은 평균 5.00로 종단면과 동일하게 5등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 4.00으로 4등급, 하안구조는 평균 3.69로 4등급으로 나타났으며, 하천변은 평균 5.61로 6등급으로 평가되었다.

Table 7. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Gunnam Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7
Index	4.81	4.27	4.36	4.25	4.00	4.22	4.88
Grade	5	4	4	4	4	4	5

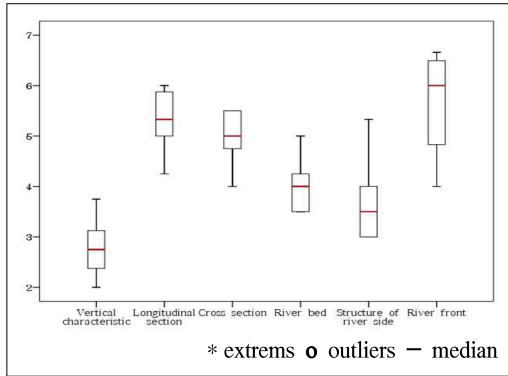


Figure 7. Hydromorphological Structures Assessment of Gunnam Stream.

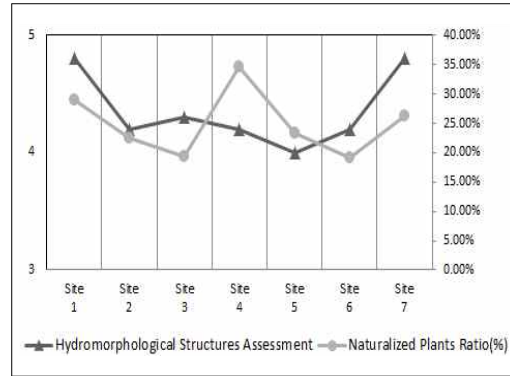


Figure 8. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Gunnam Stream.

구간별로 조사해 보았을 경우 1구간에서 7구간 까지 4등급 이상으로 상류에서 하류까지 물리적 구조가 일정하게 훼손되어 있는 것으로 보인다(Table 7).

② 식물상 및 귀화율

군남천에서 확인된 식물상은 33과 79속 96종이다. 군남천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 벼과가 19종(19.7%)으로 가장 많았고 다음으로는 국화과 15종(15.6%), 콩과 10종(10.4%), 마디풀과 6종(6.2%) 등의 순으로 나타났다.

군남천에서 서식하는 귀화식물은 총 9과 23속 25종으로 조사되었다. 이에 따라 군남천의 귀화율은 약 26.0%로 산출되었다. 하천의 중간지점인 4구간에서 귀화율이 가장 높게 나타났으며(Figure 8), 3, 4, 5구간의 도로변에서 생태계 교란종인 애기수영(*Rumex acetosella* L.) 이 발견되어 잠재적 식생교란이 우려되며 주변주민의 건강을 위해 신속한 제거사업이 필요하다.

5) 안창천

① 물리적 구조 평가 결과

안창천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다(Figure 9). 종적특성은 1-7점 척도에서 평균 2.61로 생태성은 2등급으로 나타났다. 종단면은 평균 4.56으로 5등급으로 평가되었으며, 횡단면은 평균 3.83으로 4등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 3.04로 3등급, 하안구조는 평균 4.03으로 4등급, 하천변은 평균 4.37로 역시 4등급으로 평가되었다.

안창천은 훼손하천으로 분류되었으나 4, 6, 7, 9, 10 구간은 3등급으로, 5구간의 경우 2등급으로 평가되어 다른 훼손하천에 비하여 물리적 구조가 비교적 양호한 것으로 나타났다(Table 8).

② 식물상 및 귀화율

안창천에서 확인된 식물상은 36과 101속 136종이다. 안창천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 국화과가 24종(17.6%)으로 가장 많았고 다

Table 8. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Anchang Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7	Site8	Site9	Site10	Site11
Index	3.74	3.80	5.03	3.58	2.16	3.58	3.57	4.38	2.89	3.48	4.89
Grade	4	4	5	3	2	3	3	4	3	3	5

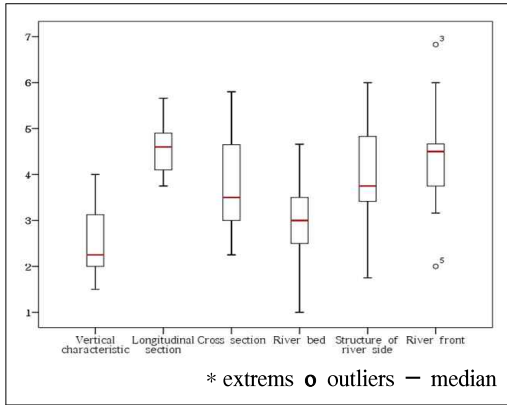


Figure 9. Hydromorphological Structures Assessment of Anchang Stream.

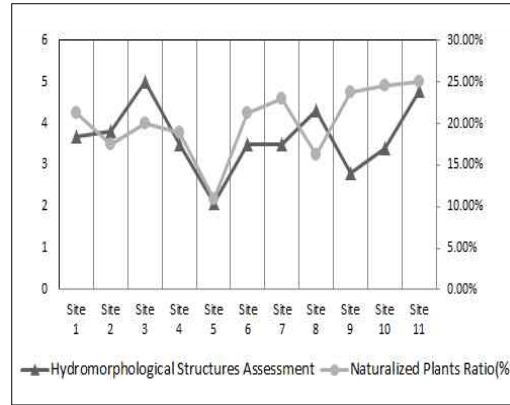


Figure 10. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Anchang Stream.

음으로는 벼과 20종(14.7%), 마디풀과 10종(7.3%), 십자화과 9종(6.6%), 콩과 8종(5.8%), 속새과 7종(5.1%), 꿀풀과 6종(4.4%), 백합과 5종(3.6%), 사초과 5종(3.6%) 등의 순으로 나타났다.

안창천에서 서식하는 귀화식물은 총 11과 23속 28종으로 조사되었다. 이에 따라 안창천의 귀화율은 약 20.5%로 산출되었다. 하천의 중간 지점인 5 구간에서 귀화율이 가장 낮게 나타났으며(Figure 10), 4, 6, 9 구간에서는 생태계 교란종인 애기수영(*Rumex acetosella* L.)이, 6, 11 구간에서는 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)이 발견되어 잠재적인 식생교란이 우려되며 신속한 제거사업이 필요하다.

6) 화천

① 물리적 구조 평가 결과

화천의 물리적 구조 평가결과를 주요 항목별로 구분하여 stem-leaf 그래프로 나타내었다(Figure 11). 종적특성은 1-7점 척도에서 평균

2.79로 생태성은 3등급으로 나타났다. 종단면은 평균 4.01로 4등급으로 평가되었으며, 횡단면은 평균 4.25로 4등급으로 평가되었다. 하상구조는 평균 1.91로 2등급, 하안구조는 평균 4.19로 4등급으로 나타났으며, 하천변은 평균 5.72로 6등급으로 평가되었다.

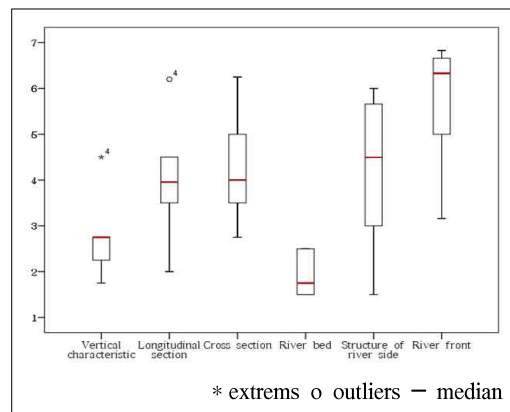


Fig 11. Hydromorphological Structures Assessment of Hwa Stream.

Table 9. Hydromorphological Structures Assessment of Each Site of Hwa Stream.

	Site1	Site2	Site3	Site4	Site5	Site6	Site7
Index	2.81	-	3.37	4.26	5.21	3.44	3.77
Grade	3	-	3	4	5	3	4

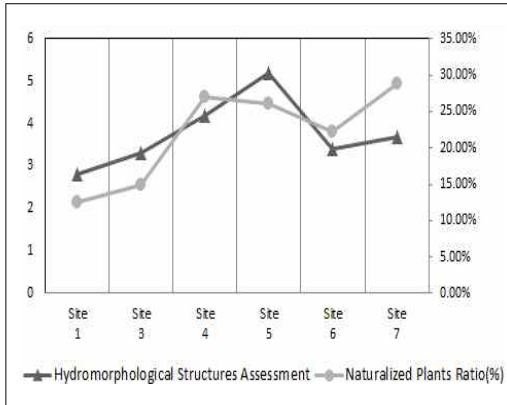


Figure 12. Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio of Each Site of Hwa Stream

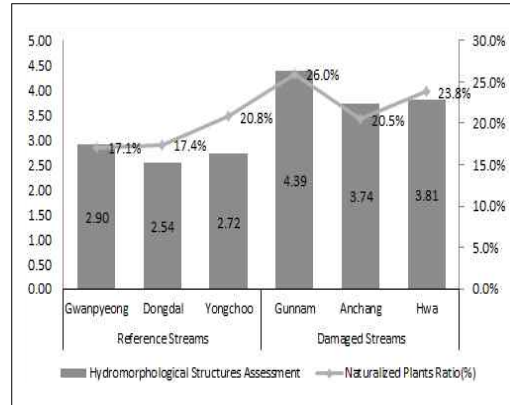


Figure 13. Comparison of Reference Streams and Damaged Streams

화천의 2 구간의 경우 교량건설로 인하여 하천 내부로 접근 할 수 없어서 본 연구에서는 제외되었다. 1 구간의 경우 평균 2.81로 3등급으로 판정되는 등 물리적 구조가 비교적 잘 보전되어 있으나 하류방면으로 갈수록 원주시 시내로 접어들어 상류에 비해 물리적 구조가 훼손된 경향을 보인다(Table 9).

② 식물상 및 귀화율

화천에서 확인된 식물상은 38과 88속 109종이다. 화천에서 나타난 식물상의 과별 구성비는 국화과가 20종(18.3%)으로 가장 많았고 다음으로는 벼과 16종(14.6%), 마디풀과 6종(5.5%), 십자화과 6종(5.5%), 석죽과 5종(4.5%)등의 순으로 나타났다.

화천에서 서식하는 귀화식물은 총 14과 25속 26종으로 조사되었으며, 하류방면으로 갈수록 귀화율이 높아지는 경향을 보인다(Figure 12).

안창천 전체의 귀화율은 약 23.8%로 산출되었으며 특히 1구간을 제외한 전 구간에서는 생태계 교란종인 돼지풀(*Ambrosia artemisiifolia* L.)이 발견되어 잠재적인 식생 교란이 우려되어 주변주민의 건강을 위해 신속한 제거사업이 필요하다.

7) 참조하천과 훼손하천 비교

참조하천으로 선정된 관평천, 동달천, 용추천은 물리적 구조 평가 지수가 3점 이하로 나타났으며, 귀화율은 20%이하로 조사되었다. 반면 훼손하천으로 선정된 군남천, 안창천, 화천은 물리적 구조 평가 지수가 3.5점 이상으로 나타났으며, 귀화율은 20%이상으로 조사되었다(Figure 13).

따라서 복원이 필요한 훼손하천은 참조하천을 참고하여 물리적 구조를 회복시키고 식생구조를 안정화시킬 필요가 있다고 판단된다.

2. 물리적 구조 평가 결과와 귀화율의 상관관계

하천의 물리적 구조 평가 지수와 식생 귀화율 간에는 약 68%의 유의한 상관관계를 나타내었다($r=0.675$, $p<0.01$)(Table 10). 이에 따라 하천의 물리적 구조가 인위적인 방법으로 훼손된 구간에서는 식생 귀화율 역시 높게 나타나는 것을 알 수 있다(Figure 14). 이러한 결과는 하천 구조의 인위적 훼손이 식생의 생태적 교란의 원인이 될 수 있다는 선행연구와 일치한다(Song et al, 2005; Schnitzler et al, 2007; Pennington et al., 2010).

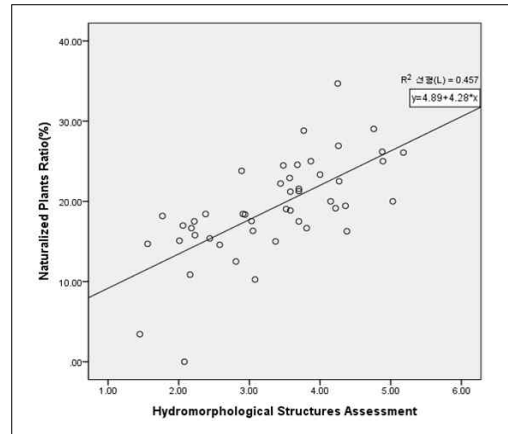


Figure 14. Relationship between Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio

Table 10. Correlation between The Contents of Hydromorphological Structures Assessment and Naturalized Plants Ratio (n=47).

	Correlation		Correlation
Vertical characteristic	0.468**	Vertical meandering	0.504**
		Meandering erosion	0.177
		Vertical barrier	0.221
		Unique vertical structure	0.346*
Longitudinal section	0.596**	Crossing structure	0.408**
		Stagnant of water	0.504**
		Crossing barrier	0.210
		Diversity of wave	0.448**
		Diversity of depth	0.456**
Cross section	0.430**	Type of crossing section	0.456**
		Crossing depth	-0.193
		Crossing erosion	0.260
		Variety of crossing width	0.440**
		Box	-0.051
River bed	0.521**	Protection structure of river bed	0.189
		Variety of material of river bed	0.446**
		Structure of unique river bed	0.474**
Structure of river side	0.539**	Vegetation belt of river side	0.477**
		Protection of river side	0.270
		Structure of unique river side	0.487**
River front	0.604**	Land use	0.581**
		Lignosa of river side	0.543**
		environmental characteristic	0.422**
Hydromorphological Structures Assessment			0.675**

* Correlation is significant at 0.05 level(2-tailed).

** Correlation is significant at 0.01 level(2-tailed).

3. 식생 귀화율에 영향을 미치는 물리적 구조 평가 항목

1) 종적특성과 식생 귀화율의 상관관계

종적특성 항목에서 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘하도 사행($r=0.504$, $p<0.01$)’과 ‘특이한 종적구조($r=0.346$, $p<0.05$)’로 나타났다. 하천의 종적구조가 직강화 되거나 인위적으로 변형된 지역에서는 식생 귀화율이 높은 것으로 조사되었다.

2) 종단면과 식생 귀화율의 상관관계

종단면 항목중 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘횡단구조물($r=0.408$, $p<0.01$)’과 ‘정체($r=0.504$, $p<0.01$)’, ‘과랑의 다양성($r=0.448$, $p<0.01$)’, ‘깊이의 다양성($r=0.456$, $p<0.01$)’으로 나타났다. 횡단구조물이 설치되어 있는 등의 이유로 인하여 물의 흐름이 원활하지 못한 곳에서는 귀화율이 높게 조사되었다.

종단면과 식생 귀화율의 상관관계 분석에서는 연구 대상지 중 복개된 지역이 없었던 관계로 세부항목 중 ‘복개’는 분석에서 제외되었다.

3) 횡단면과 식생 귀화율의 상관관계

횡단면 항목중 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘횡단타입($r=0.456$, $p<0.01$)’과 ‘횡단폭의 변화($r=0.440$, $p<0.01$)’로 나타났다. 하안에 제방이 설치되어 있거나 준설작업 등을 통하여 하천의 횡단폭 등이 인위적으로 변경된 구역에서는 식생 귀화율 역시 높게 나타났음을 뜻한다.

4) 하상구조와 식생 귀화율의 상관관계

하상구조 항목 중 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘하상재료다양성($r=0.446$, $p<0.01$)’과 ‘하상구조 특이사항($r=0.474$, $p<0.01$)’로 나타났다. 인위적인 하상재료 변경이나 준설작업으로 인하여 하상

재료 다양성이 훼손되고, 하천의 직강화 등으로 인하여 하상구조가 단순하고 획일화된 지역에서는 식생 귀화율이 높게 나타났음을 의미한다.

하상구조와 식생 귀화율의 상관관계 분석에서는 연구 대상지 중 인공화된 하상구조가 나타난 지역이 없었던 관계로 세부항목 중 ‘하상재료’는 분석에서 제외되었다.

5) 하안구조와 식생 귀화율의 상관관계

하안구조 항목 중 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘하안식생대($r=0.477$, $p<0.01$)’과 ‘하안의 특이구조($r=0.487$, $p<0.01$)’로 나타났다. 기존의 식생이 보전되지 않고 인위적인 방법으로 그 구조가 변경된 지역에서는 식생 귀화율이 높게 나타났음을 뜻한다.

6) 하천변과 식생 귀화율의 상관관계

하천변 항목 중 식생 귀화율과 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타난 세부항목은 ‘토지이용($r=0.581$, $p<0.01$)’과 ‘하안수림대($r=0.543$, $p<0.01$)’, ‘불량한 주변환경($r=0.422$, $p<0.01$)’으로 나타났다. 하천 주변에 토지가 개발되어 하안식생이 훼손되고 하천생태계를 훼손할 우려가 있는 시설물이 들어선 지역에서는 다른 지역보다 식생 귀화율이 높게 조사되었다.

7) 물리적 구조 평가 항목 요인분석

하천의 물리적 구조 평가 항목 중 귀화율과 상관성을 구성하는 요인을 확인하기 위해 물리적 구조 평가 세부항목을 토대로 요인분석 실시하였다(Table 11). 요인분석에 있어서는 요인들의 속성을 축약하고 그 특징을 설명하며, 모형 검증을 위한 회귀분석에 적합한 베리맥스(varimax) 회전을 적용하였다(Yeom, 2011).

분석결과 ‘횡단구조물’ 항목은 요인분석결과에서 제외되었다. 고유치 1이상의 3개 요인들이 추출되었으며, 요인들의 설명력은 55.66%로 나

Table 11. The Result of Factor Analysis of Hydromorphological Structures Assessment.

Index		Factor Loading	Scale Mean*(SD)	Mean	Cronbach's α
Factor	Subsection				
River bed materials and structures	Diversity of depth	0.792	3.53(1.67)	2.94	0.856
	Variety of material of river bed	0.779	2.53(1.42)		
	Diversity of wave	0.724	3.55(1.72)		
	Stagnant of water	0.680	1.91(2.74)		
	Vertical meandering	0.641	3.10(0.98)		
	Structure of unique river bed	0.591	2.14(1.12)		
	Variety of crossing width	0.590	3.85(1.71)		
River front and land use	Protection of river side	0.779	3.41(2.89)	4.11	0.849
	Land use	0.739	4.72(1.63)		
	Environmental characteristic	0.678	5.30(2.15)		
	Vegetation belt of river side	0.658	3.41(1.56)		
	Type of crossing section	0.604	4.44(2.56)		
	Lignosa of river side	0.594	3.39(2.28)		
Crossing structure and bar	Vertical barrier	0.929	2.51(1.44)	2.77	0.698
	Crossing erosion	0.554	2.61(1.93)		
	Crossing barrier	0.524	3.19(1.67)		
Total		-	-	3.27	0.874

* Scale : 1-7

타났다. 요인 1은 ‘깊이의 다양성’, ‘하상재료 다양성’, ‘파랑의 다양성’, ‘정체’, ‘하도사행’, ‘하상구조 특이사항’, ‘횡단폭의 변화’로 구성되었으며, 하천의 흐름이나 하상구조에 관한 세부 항목이 포함되었다. 이에 따라 ‘저수로 및 하상구조’(Cronbach's $\alpha=0.856$)라 명명하였다.

요인 2는 ‘하안정비’, ‘토지이용’, ‘불량한 주변환경’, ‘하안식생대’, ‘횡단타입’, ‘하안수립대’로 구성되었으며, 주로 하천주변의 식생대와 토지이용에 관한 세부항목이 포함되었다. 이에 따라 ‘하천변 및 토지이용’(Cronbach's $\alpha=0.849$)이라 명명하였다.

요인 3은 ‘종적사주’, ‘횡단침식’, ‘횡단사주’로 구성되었으며, 하천의 사주나 침식에 관한 세부항목이 포함되었다. 이에 따라 ‘횡단구조 및 사주’(Cronbach's $\alpha=0.698$)라 명명하였다.

이를 토대로 하천의 물리적 구조 평가 요인은

저수로와 하상재료 및 구조로 이루어진 ‘저수로 및 하상구조’, 하천변과 주변의 토지이용의 ‘하천변 및 토지이용’, 종적, 횡적 사주와 횡단구조의 침식정도를 나타내는 ‘하상재료 및 구조’로 물리적 구조 평가 요인이 축약되었다.

8) 물리적 구조 평가 항목과 식생 귀화율 간의 회귀분석

식생 귀화율에 영향을 미치는 물리적 구조 평가 항목을 파악하고자 요인분석을 통해 도출된 항목들을 독립변수로 설정하고, 각 조사구간별 식생 귀화율을 종속변수로 설정하여 단계적 변수선택법(stepwise)을 이용하여 회귀분석을 실시하였다(Table 12).

3개의 요인의 투입결과 통계적으로 유의하여 회귀식에 적합한 요인들은 ‘저수로 및 하상구조’와 ‘하천변 및 토지이용’이 가 유의한 변수

Table 12. Result of Regression Analysis.

Variable	Coefficient	Standard Error	β^*	t	p-value
Constant	7.774	1.999		3.889	0.000
River bed materials and structures	0.146	0.045	0.424	3.251	0.002
River front and land use	0.090	0.033	0.350	2.684	0.010

$R^2(\text{adj. } R^2) = 0.458(0.434)$, $F = 18.601$, $p < 0.01$

* Standardized Coefficients

로 나타났다($F=18.601$, $p<0.01$). 분산팽창인자는 1.381으로 10보다 낮고, 가장 작은 공차한계는 0.724으로 0.1보다 커서 항목간의 다중공선성은 없는 것으로 나타났다. 평가 모형의 결정계수인 R^2 는 0.458으로 약 46% 수준에서 2개 항목들이 설명력을 갖는 것으로 판단된다. 이에 식생 귀화율(Y) 종속변수로 하고, ‘저수로 및 하상구조(×1)’, ‘하천변 및 토지이용(×2)’를 2개의 독립변수로 하여 모형을 산정하였다.

$$Y = 7.774 + 0.146 \times 1 + 0.090 \times 2$$

각 항목의 표준화 계수값을 분석하면, ‘저수로 및 하상구조’ 항목이 0.424로 나타났다. 따라서 자연스러운 저수로의 형태나 하상구조 및 재료가 훼손된 지역에서는 귀화율이 높게 나타났음을 의미한다.

‘하천변 및 토지이용’의 경우 표준화 계수값이 0.350을 나타내었다. 하천 주변의 토지이용의 형태에 따라 귀화율에 변화가 있음을 나타냈음을 의미하며, 이에 따라 하천 주변의 토지에 공원, 녹지대, 건축물이 들어선 지역에서는 숲이나 자연적 비오톱 등이 보전된 하천보다 귀화율이 높다는 것을 나타낸다. 이러한 결과는 토지이용 현황에 따라 식생구조에 차이를 보이게 되며(Inoue · Nakagoshi, 2001), 생태계 보전에 적절하지 못한 토지이용의 지속 등은 귀화식물 침입에 좋은 조건이라는 선행연구결과(Hong et al, 2005)에 부합되는 것으로 보인다.

IV. 결 론

하천은 인류 문명의 발상지이자 필수적인 생활환경이다. 그러나 이 · 치수 개념에 입각한 하천의 정비와 토지이용 재고 등으로 인하여 하천의 자연환경이 훼손되어 왔으며, 그 결과 귀화식물의 침입 등으로 인하여 하천의 생태성이 상실되어 왔다. 이러한 배경 하에 하천의 생태성을 복원하고자하는 노력이 계속되고 있으며 특히 식생을 이용하여 생태성을 복원하는 방법이 강조되어왔다. 다양한 시각에서 하천의 생태성을 복원하는 방안을 연구하고 있지만, 하천 주변 환경과 식생의 상관성에 대한 연구는 비교적 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 하천의 물리적 구조와 식생 귀화율의 관계를 정량적 방법으로 분석하였다.

첫째, 연구 대상지로 선정된 참조하천과 훼손하천의 물리적 구조 평가와 하안 식생 귀화율을 조사하여 현황을 파악하였다. 생태적으로 다양한 사례를 가진 연구 대상지를 정량적인 방법을 사용하여 조사하고 참조하천과 훼손하천의 물리적 구조와 식물상의 특징을 밝혀내어 각 하천의 생태적 현황을 분석하였다. 이를 통해 하천의 물리적 구조와 귀화율의 상관성 분석을 위한 기초자료를 마련하였다.

둘째, 하천의 물리적 구조의 훼손 정도와 식생 귀화율 간에는 상관관계가 있음을 밝혀내었다. 물리적 구조 훼손 정도에 따른 식생 귀화율의 상관성을 분석하여 식생 귀화율이 높은 하천의 물리적 구조 특징을 밝혀내는데 필요한 자료

를 마련하였다.

셋째, 하천의 물리적 구조 평가 항목 중 식생 귀화율에 가장 큰 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 식생 귀화율이 높은 지역에서는 ‘하천의 저수로 및 하상구조’와 ‘하천변 및 토지이용’ 항목이 훼손된 특징을 밝혀내어 향후 효율적인 하천복원에 필요한 기초자료를 제공하였다.

본 연구를 통해 제시된 하천의 물리적 구조의 교란과 식생 귀화율의 관계분석은 향후 하천 복원 시 기존의 저수로의 변형을 최소화하고 하천고유의 하상구조를 보존할 필요가 있으며, 하천 주변의 식생이나 토지이용이 하천식생에 미칠 영향을 심도 있게 고민해야 함을 의미한다. 또한 본 연구는 하천복원 시 하천의 물리적 구조가 건전한 식생구조 구성에 미치는 영향과 중요성을 부각시켰다고 판단된다.

그러나 연구 대상지로 선정된 하천들은 모두 중·소규모의 하천들로 연구의 결과를 일반화 시키는데 한계점이 있다. 또한 하천의 물리적 구조 평가 방법(LAWA)에 제시된 항목 외에 하천의 형태를 정량적으로 평가하는 방법과 유속, 깊이 등 세부적인 사항에 대한 평가가 미흡한 것에 보완이 필요하며, 국내실정에 맞게 적용된 다양한 평가방법을 활용할 필요가 있다. 이러한 사항 때문에, 하천의 물리적 구조를 더욱 세밀하게 평가하고 연구 대상지의 다양한 생태적, 물리적 형태 등을 고려한 후속 연구가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 향후 하천복원 시 건전한 식생구조를 조성하는데 필요한 기초자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서 분석한 하천의 물리적 구조와 귀화율의 관계분석은 현재의 중·소규모 하천의 생태적 현황과 문제점을 파악하는데 일조할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 환경부 차세대 에코이노베이션기

술개발사업(과제명 : 습지생태계조성 및 자연생태 회복기술 개발, 과제번호 : 416-111-010)으로 지원받은 과제이며, 이에 감사드립니다.

인용 문헌

- Bae JH · KJ Lee · BH Han. 2008. Research on Characteristics of Vegetation Subsequent to Crossing Structure of the Urban Streams - Centering on the Cases of Dorimcheon, Banghakcheon, Seongnaecheon and Yangjaecheon in Seoul. Korea Journal of Environment and Ecology. Seoul, Korea (in Korean with English summary).
- Byeon CW. 2010a. 우리풍토에 맞는 생태하천. Paju : 나무도시.
- Byeon CW. 2010b. Water Purification and Ecological Restoration Effects of the Keumeo Stream Sustainable Structured wetland Biotop(SSB) System Established on the Floodplain of Kyungan Stream. The Korea Society of Environmental Restoration Technology. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Cho KH. 2000. 하천 복원을 위한 하안식생의 구조와 기능에 대한 이해. Magazine of Korea water Resources Association. Seoul, Korea (in Korean)
- Choe IH, BH Han, KS Ki. 2010. The Change of Riverside Vegetation by Construction of Ecological Stream in Suwoncheon, Gyeonggi Province. Korean Journal of Environment and Ecology. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Choi GW · HJ Kim · JS Park · MS Han. 2010. Hydromorphological Structure Assessment of Urban Streams after Close-to-Nature Stream Restoration Using LAWA. Journal of Korea

- Water Resources Association. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Choi OH · TM Ahn. 2012. A Study on Priority of Planning Factors for Stream Restoration Applied AHP. The Korea Society of Environmental Restoration Technology. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- CIS-WFD. 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Common Implementation Strategy Working Group 2.3-REFCOND.
- Czech, B. · P. R. Krausman · P. K. Devers. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. *Bioscience* 50. 1. : 593 - 601.
- Derric N. P. · Hansel J. R. · Gorchov D. L. 2010. Urbanization and riparian forest woody communities : Diversity, composition and structure within a metropolitan landscape. *Biological Conservation* 143. 2010. : 182-194.
- Fernandes M. R. · D. C. Aguiar · M. T. Ferreira. 2011. Assessing riparian vegetation structure and the influence of land use using landscape metrics and geostatistical tools. *Landscape and Urban Planning* 99. 2011. : 166-177.
- Hong SK · HJ Kang · ES Kin · JG Kim · CH Kim · EJ Lee · CH Lee · JS Lee · BS Lim · YS Jung · HL Jung · HY Cho. 2005. 생태복원공학. Seoul : Lifescience. (in Korean)
- Inoue M. · N. Nakagoshi. 2001. The effects of human impact on spatial structure of the riparian vegetation along the Ashida river, Japan. *Landscape and Urban Planning* 53. 2001. : 111-121.
- Jeon SJ. 2011. 하천계획 · 설계. Seoul : 이엔지북. (in Korean).
- Jung JA · HJ Kim · EH Lee. 2004. The Comparison of Plants and Vegetation Transect in a Straight and a Restoration Section-A Case Study of Bulgwang Stream in Seoul, Korea-. *Korea Journal of Environment and Ecology*. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Kang B.H. 2008. 한국생약자원생태도감. Seoul : Geobook..(in Korean)
- Kang SJ · AK Kwak. 1998. Changes of Riparian Vegetation in Relation to Disturbance of Musim-Chon Stream, Cheongju. *The Korean journal of ecological sciences*. Seoul, Korea.(in Korean with English summary).
- Kim HJ · BK Shin · CW Kim. 2008. Correlation Between Environmental Factors and Plant Species Spectrum of Streams-Example of Tributaries of the Han River and Nakdong River-. *Korea Journal of Environment and Ecology*. Seoul, Korea (in Korean with English summary).
- Kim HJ · SY Kim. 2005. 하천의 물리적 구조와 생물과의 상관성분석. *Korea Journal of Environment and Ecology*. Seoul, Korea (in Korean)
- Kim HJ. 2004. 자연형 하천 계획 · 설계. Seoul : Taerim.
- Kim M. 2007. Suggestions for Ecological Stream Restoration. *Environmental Impact Assessment*. Seoul. Korea(in Korean with English summary).
- Korea Institute of Construction Technology. 2006. Development of Multi-functional River Restoration Techniques. Korea Institute of Construction Technology, Goyang, (in Korean)
- Korea National Institute of Environmental Research. 2006. A Study of Detailed Survey on Invasive Alien Species in Korea and

- Designation of Invasive Alien Species in Foreign Countries. Korea National Institute of Environmental Research, Incheon. (in Korean)
- Korea National Institute of Environmental Research. 2010. Survey and Evaluation of Aquatic Ecosystem Health. Korea National Institute of Environmental Research, Incheon. (in Korean)
- LAWA. 2000. Gweaesserstrukturguetekaryierung in der BRD 1 Aufl Schwern.
- Lee YM SH Park, SY Jung, SH Oh, JC Yang. 2011. Original article : Study on the current status of naturalized plants in South Korea. The Korean Journal of Plant Taxonomists. Changwon. Korea. (in Korean with English summary).
- Mallika A. U · J. S. Richardson. 2009. Riparianvegetation change in upstream and downstream reaches of three temperate rivers dammed for hydroelectric generation in British Columbia, Canada. Ecological Engineering 35. 2009. : 810-819.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. BioScience 52. -. 883-890.
- Ministry of Environment. 2011. 생태하천 복원 기술지침서. Ministry of Environment. Sejong, Korea. (in Korean)
- Park IH · HU Lee · KJ Cho · GS Jang. 2010. An Analysis of Major Trail Deterioration in Urban Natural Park-A Focus on Apsan Park in Deagu Metropolitan City-. The Korean Institute of Landscape Architecture. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Park JH · HB Lee · HM Lim. 2005. Study on Restoration of the Stream Environment of Small River. Korean Society of Water Environment. Seoul. Korea. (in Korean with English summary).
- Park JS · SY Park · HW Ha. 2012. Development of Replacement Techniques of Concrete-Artificial Revetment for Establishment of Ecological Streams. Seoul. Korea. (in Korean with English summary).
- Pennington D. N. · J. Hansel · R. B. Blair. 2008. The conservation value of urban riparian areas for landbirds during spring migration : Land cover, scale, and vegetation effects. Biological Conservation 141. 2008. : 1235 - 1248.
- Shin DH · Cho KH. 2001. Vegetation Structure and Distribution of Exotic Plants with Geomorphology and Disturbance in the Riparian Zone of Seunggi Stream, Incheon. Journal of Ecology and Environment. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Son MW. 1998. Ecological Role of Urban Stream and Its Improvement. Journal of the Korean Association of Regional Geographers. Seoul, Korea. (in Korean with English summary).
- Song I. J. · S. K. Hong · H. O. Kim · B. Byun · Y. Gin. 2005. The pattern of landscape patches and invasion of naturalized plants in developed areas of urban Seoul. Landscape and Urban Planning 70. 2005. : 205 - 219.
- Song IH · IJ Kim. 2008. 생태하천 복원방안에 관한 연구-시각적 하천생태 평가를 중심으로. Regional Policy Review. Cheongju. Korea. (in Korean with English summary).
- White M. D. · K. A. Greer. 2006. The effects of watershed urbanization on the stream hydrology and riparian vegetation of Los Penasquitos Creek, California. Landscape and Urban Planning 74. 2006. : 125 - 138.
- Woo HS · HT Kim. 2010. The Objective of River Restoration - Focused on Naturalness or Human Service? Korean Society of Civil

- Engineers. Seoul Korea. (in Korean).
- Woo. H. 2010. Trends in ecological river engineering in Korea. Journal of Hydro-environment Research 4. 2010. : 269-278.
- Yeom SJ. 2011. A Study on User's Satisfaction Factors of Urban Park and Green Space Network - Focused on Blue network in Edogawa, Japan -. Korean Institute Of Forest Recreation. Iksan. Korea. (in Korean with English summary).
- Yim YJ, ES Jeon. 1980. Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. The Korean Journal of Plant Taxonomists. Changwon. Korea. (in Korean with English summary).
http://www.nature.go.kr/kpni/general/Prgb01/Prgb1_3_1.jsp
http://www.wamis.go.kr/wkr/if_RIMGISREPOR T.ASPX