

# 갭천 유역의 불투수율 변화에 따른 경관 생태학적 지표의 평가

## Evaluation of Landscape Ecology Indices of Gap Stream Basin on Impervious Cover Changes

최진영\*, 강문성\*\*, 배승중\*\*\*, 정세웅\*\*\*\*

Jin Young Choi, Moon Seong Kang, Seung Jong Bae, Se Woong Chung

### 요 지

불투수면 비율은 유역의 건전성을 나타내는 중요한 지표로서 도시화에 따른 도시유출의 특성을 추적하는 모델에서 널리 이용되어 왔고, 기존의 많은 연구를 통해서 수환경과의 밀접한 관계가 검증되었다. 불투수율은 비교적 쉽고 빠르게 측정할 수 있으며 유역계획에서 여러 가지 대안 적용이 가능하다는 점에서 유용한 지표로 이용되고 있다. 오늘날 토지이용변화로 인해 발생하는 유역생태계 변화 분석 등은 시, 공간적 제약으로 인해 명확하게 이루어지지 못하고 있어 인간활동에 의한 토지이용의 파편화(Fragmentation)가 어느 정도 발생하고 있는가를 파악하고, 이를 토대로 파편화에 따른 영향을 최소화하거나 사전에 예방하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 경관분석 프로그램인 FRAGSTATS의 적용을 위한 경관요소로서 토지피복을 선정하여, 불투수면을 나타내는 시가지지역과 투수면을 나타내는 산림지역을 대상으로 1) 갭천 유역의 토지피복 변화에 따른 경관구조, 변화 양상을 분석하고, 2) 갭천 유역 내 6개 단위유역별로도 경관 생태학적 지표를 선정하여 이를 평가하였다.

**핵심용어 :** 불투수면, 토지피복, FRAGSTATS, 경관구조

### 1. 서론

불투수면은 토지개발에 의한 하천환경의 변화를 설명하는 데 있어서 유용한 지표로 인식되어져 왔다(최지용 등, 2003). 우리나라는 1960년대 이후 빠른 경제성장을 위해 급격하게 도시화, 산업화되었고, 각종 개발사업으로 인해 토지이용변화와 함께 산림 고유의 기능이 상실되어 자연환경의 고유한 자정능력을 초과하게 되었다. 이러한 토지이용변화와 산림의 파괴는 자연생태계의 물질순환과 에너지흐름을 파괴시켜 각종 환경문제의 원인이 되고 있다. 오늘날 토지이용변화로 인해 발생하는 유역생태계 변화 분석 등은 시·공간적 제약으로 인해 명확하게 이루어지지 못하고 있어 인간활동에 의한 토지이용의 파편화가 어느 정도 발생하고 있는가를 파악하고, 이를 토대로 파편화에 따른 영향을 최소화하거나 사전에 예방하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 경관분석 프로그램인 FRAGSTATS의 적용을 위한 경관요소로서 토지피복을 선정하여 갭천 유역의 불투수면 비율 변화에 따른 경관구조 변화를 분석하고, 갭천 유역 내 6개 단위유역별로도 경관생태학적 지표를 선정하여 이를 평가, 분석하고자 하였다.

\* 정회원 · 서울대학교 생태조경지역시스템공학부 석사과정 · E-mail : chori02@snu.ac.kr

\*\* 정회원 · 서울대학교 생태조경지역시스템공학부 교수 · E-mail : mskang@snu.ac.kr

\*\*\* 정회원 · 서울대학교 농업생명과학대학 조경·지역시스템공학부 박사후 과정 · E-mail : bsj5120@hanmail.net

\*\*\*\* 정회원 · 충북대학교 공과대학 환경공학과 부교수 · E-mail : chung@chungbuk.ac.kr

## 2. 연구방법

### 2.1 대상구역

구역의 토지이용 및 불투수면에 관한 GIS 자료 구축 및 불투수면의 변화를 분석하기 위한 시범구역으로 금강구역 중 중류에 해당하며 지난 30여 년간 구역의 토지이용변화가 많이 진행되어 불투수면 변화가 극심할 것으로 예상되는 갑천 유역을 선정하였다. 갑천(甲川) 유역은 유역면적 648.97 km<sup>2</sup>이고, 금강분류인 대청댐 상류구역과 접해있으며, 총 유로연장은 62.8 km로 그 중 직할하천 구간이 35.6 km이다. 갑천 유역은 수자원 단위권역의 대권역인 금강권역의 중권역 32개 권역 중 1개 권역이며, 수자원 단위권역은 ① 갑천상류(S1), ② 갑천하류(S2), ③ 유성수위표(S3), ④ 유등천상류(S4), ⑤ 유등천하류(S5), ⑥ 대전천(S6), 6개 권역으로 구성되어 있다.

### 2.2 경관생태학적 지표의 선정

FRAGSTATS는 McGarigal and Marks (1995)가 개발한 경관구조 해석프로그램으로 경관구조에 관한 많은 지표산출(매트릭스 형식)과 지표의 해석으로부터 경관의 정량적 평가가 가능하며, 주어진 공간 내에서 조각들의 지역적인 범위와 공간적인 구성을 정량적인 수치자료로 제공한다. 이 프로그램은 분석하려는 경관의 규모에 제한이 없기 때문에 원하는 해상도에 대한 분석이 가능하다 (허성구 등, 2006; 과학기술부, 2003).

FRAGSTATS에서 계산되는 지표들은 많지만 계산되는 패턴들이 서로 중첩되고 있으므로 지표의 선정 시 신중한 선택이 요구된다. 이 때문에 서로 독립적인 지표들을 선택적으로 사용하여 분석 효율을 높여야 한다. 경관생태학적 지표의 선정에 있어서 구조적 패턴은 크기, 밀도, 가장자리, 형태, 핵심구역 등에 관련된 경관지수 중 파편화(Fragmentation) 정도를 가장 잘 나타낼 수 있는 경관지수 중 쉽게 이용 가능한 CA (Class Area), PLAND (Percentage of Landscape), NP (Number of Patches), LPI (Largest Patch Index), LSI (Landscape Shape Index), TCA (Total Core Area), CPLAND (Core Area Percentage of Landscape) 총 7가지 지표를 선정하였다. 각 지표에 대한 설명은 Fragstats Manual (<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>)을 참고하기 바란다.

### 2.3 토지피복분류에 의한 경관지표 도출

FRAGSTATS의 적용을 위한 경관요소로서 토지피복 또는 토지이용을 선정해야 한다. 불투수면을 나타내는 시가화지역과 투수면을 나타내는 산림지역을 대상으로 불투수면 비율 변화와 경관지수의 시계열 변화를 분석하기 위해 WAMIS에서 제공하는 토지피복도를 이용하였고, 1985년과 2000년 토지피복도(Landsat ETM+ sensor, 공간해상도 30m x 30m)를 이용하여 투수면/불투수면에 근거하여 경관지수를 도출하였다. 그림 1은 갑천 유역의 1985년, 2000년의 토지피복도를 보여주고 있다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 대상구역의 경관생태학적 지표 선정

시범구역인 갑천 유역과 갑천 유역 내 6개 표준구역에 대하여 선정된 7개의 경관지수를 WAMIS에서 제공하는 1985년, 2000년의 Landsat 위성영상자료를 활용하여 산정하였다. 표 1, 그림 2는 그 결과를 나타낸다.

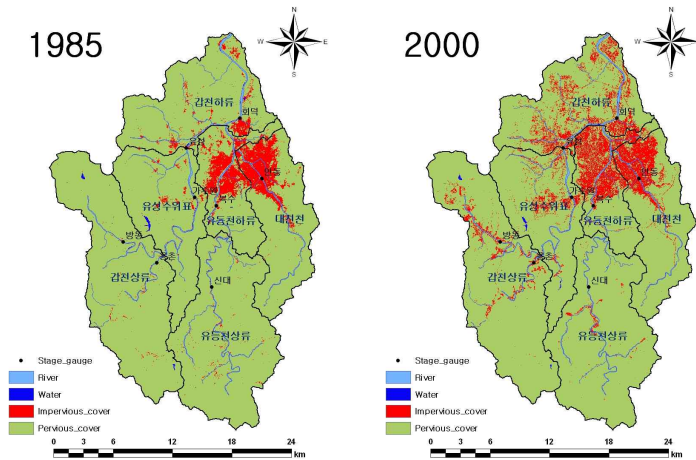


그림 1. 1985년, 2000년의 갑천 유역 토지피복도

출처: 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS, <http://www.wamis.go.kr>)

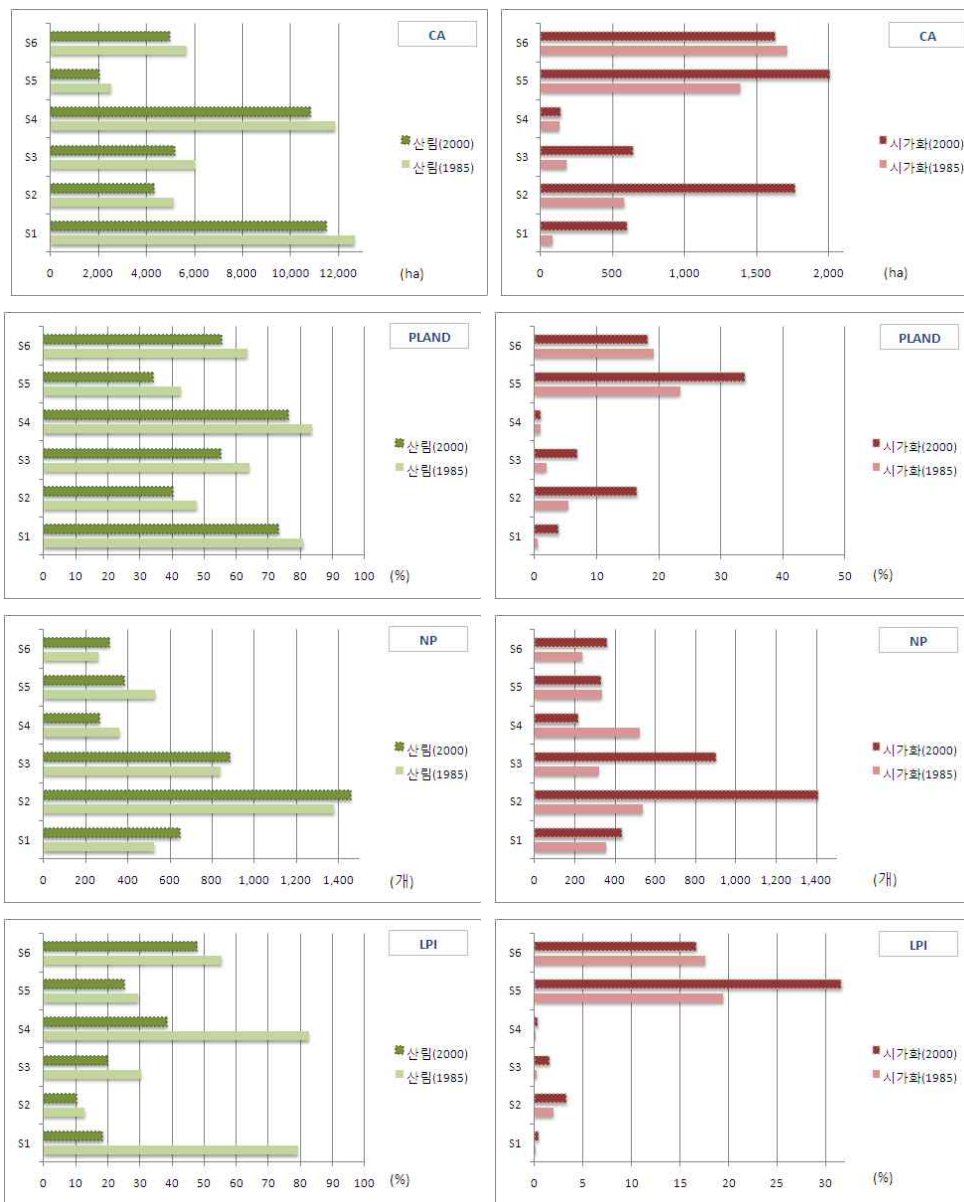
표 1. 갑천 유역 경관생태학적 지표

구분	시가화지역			산림		
	1985(A)	2000(B)	증감(B-A)	1985(A)	2000(B)	증감(B-A)
CA	4,072.23	6,782.85	2,710.62	43,932.87	38,829.69	-5,103.18
PLAND	6.2749	10.4517	4.18	67.6959	59.8324	-7.86
NP	2,272	3,578	1,306.00	3,841	3,852	11.00
LPI	4.5716	6.1922	1.62	57.7180	20.0697	-37.65
LSI	42.8122	91.1982	48.39	46.0114	60.1819	14.17
TCA	75.60	36.27	-39.33	24,761.97	16,730.46	-8,031.51
CPLAND	0.1165	0.0559	-0.06	38.1556	25.7799	-12.38

갑천 유역의 경관생태학적 지표를 보면 총 클래스면적을 나타내는 CA의 경우 시가화지역은 1985년 대비 2000년의 변화가 두드러지게 나타났다. 시가화지역은 급격히 증가하고 산림지역은 급격히 감소하였음을 볼 수 있는데, 이는 갑천 유역 내의 토지이용변화가 산림지역에서 도시지역으로 전환되었음을 나타낸다. 패치의 수와 최대 패치 면적 비율을 뜻하는 NP와 LPI의 경우, 시가화 지역에는 2,272개에서 3,578개, 4.5716%에서 6.1922%로 나타나 패치의 수와 최대 패치의 면적이 증가되어 파편화가 많이 진행되었음을 보여주었다. 산림지역의 경우에는 NP와 LPI가 3,841에서 3,852로, 57.7180%에서 20.0697%로 나타났는데, LPI는 가장 큰 산림패치가 소유역에서 차지하는 비율을 측정한 지수로 파편화 정도를 나타내는 바, 산림의 경관지수 분석 결과 37.6% 감소하였다. 이는 도시 개발과 함께 산림이 시가화, 나지, 초지로 많이 변화되어 파편화가 많이 이루어진 것으로 분석되었다.

표준유역별로 경관생태학적 지표를 나타낸 그림 2을 보면 경관 면적 비율을 나타내는 PLAND의 값이 시가화지역의 경우 S5지역(유등천하류)에서 1985년 23.4%에서 2000년 33.9%로 10.5% 정도 가장 큰 폭으로 증가하였으며, 산림지역의 경우에는 모든 소유역에서 7~8% 정도 감소폭을 나타냈으며, 그 중에서도 S3지역(유성수위표)에서 1985년 64%에서 2000년 55%로 9% 정도 가장 큰 폭으로 감소하였다. 이는 6개 소유역 중 S5지역인 유등천하류에서 도시화가 많이 진행되었으며, S3지역인 유성수위표에서 산림의 훼손이 많이 일어났음을 보여준다. NP는 경관에서 패치의 총 개

수 및 각 클래스 개개에 대한 패치의 수를 나타내는 지수로서 토지의 파편화 정도를 나타내는데, 같은 면적일 때 패치의 수가 많은 경우가 파편화 정도가 높다는 것을 나타내며, 생태계가 인간의 관심을 많이 받고 있음을 나타낸다. 6개 소유역 중 S2지역(갑천하류)에서 1985년 시가지지역 NP가 538개에서 2000년 1,409개로 871개나 증가하였고, 산림 역시 S2지역(갑천하류)에서 1985년 1,379개에서 2000년 1,457개로 크게 증가하여 파편화가 정도가 심하였음을 알 수 있다.



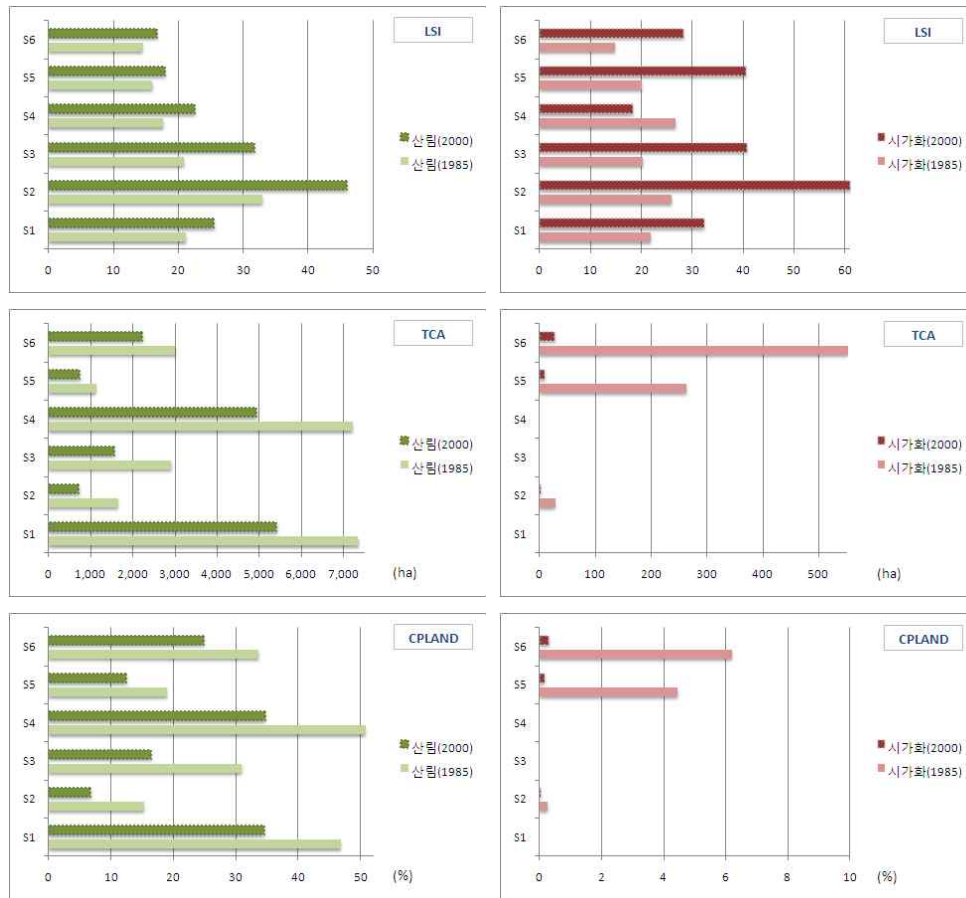


그림 2. 갑천 유역 표준유역별 경관생태학적 지표

LPI는 갑천 유역에서 차지하는 가장 큰 패치의 비율을 나타내는 지수로 파편화 정도를 의미하는데, S1지역(갑천상류)에서의 1985년 투수지역 LPI가 84.2%에서 2000년 22.1%로 62.1% 정도 감소하여 산림이 시가화, 나지, 초지로 많이 변화되었음을 알 수 있다. LSI는 경관 형태지수로서 패치 모양의 복잡성을 기준으로 경관의 형태를 정량화한 것으로, 투수지역의 경관지수 분석 결과 S2지역(갑천하류)에서 1985년 198.3에서 2000년 245.5로 47.2 증가하였고, 불투수지역 역시 S2지역(갑천하류)에서 1985년 26에서 2000년 61로 35 증가하여 S2지역의 패치 모양이 가장 불규칙하고 복잡한 것으로 추정할 수 있다.

이상의 분석결과는 갑천 유역의 1985년, 2000년 소유역별 불투수면 면적 변화에서 보듯이 S1, S2, S5지역에서 인위적인 개발과 농경지의 개간, 산림 훼손 등이 주로 일어났음을 보여준다. 특히 S5지역인 유등천하류에서 도시화가 많이 진행되었음을 알 수 있고, 상대적으로 S4지역인 유등천상류와 S6지역인 대전천은 아직까지도 많은 산림이 그대로 보존되고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 금강 수계 갑천 유역을 대상으로 1985년과 2000년의 토지피복변화를 살펴보고 FRAGSTATS 프로그램을 이용하여 경관변화(산림파편화)를 정량적으로 분석하였다. 1985년부터 2000년 사이 갑천 유역의 경관구조 변화를 분석하기 위하여 갑천 유역 내 6개 표준유역을 대상으

로 토지피복자료를 준비하였고, 각 표준유역별 산림의 파편화 정도를 파악하기 위해 경관면적비, 패치수, 패치 밀도, 경관 최대패치면적비, 총 가장자리, 가장자리밀도, 경관형태지수, 전체핵심지역 면적 등을 비교하였다. 그 결과 S5유역(유등천하류)이 다른 표준유역에 비해 가장 높은 파편화를 보였다. Landsat 위성영상 자료로부터 추출한 1985년에서 2000년까지 5년 단위의 갑천 유역 토지 이용 변화를 분석한 결과 유역의 불투수면 비율은 1985년 6.1%에서 2000년 11.2%까지 약 2배 증가하였다. 본 연구의 결과는 유역의 불투수면 관리를 위한 기초정보를 제공하며, 산림의 경관구조, 파편화정도를 평가하는 데 유용하게 사용될 수 있으리라 판단된다. 또한, 불투수면 저감 방안 수립 및 유역의 사전예방적 관리, 광역적 공간규모의 경관요소들에 대한 구조적 패턴 및 변화양상 규명에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

1. 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS) <http://www.wamis.go.kr>
2. 과학기술부(2003). 경관 생태학적 원리를 이용한 소수계 물관리 진단 시스템 개발.
3. 최지용, 장수환(2003). 유역관리 효율화를 위한 불투수면 지표 개발과 적용 I. 한국환경정책·평가연구원.
4. 허성구, 김기성, 안재훈, 윤정숙, 임경재, 최중대, 신용철, 유창원(2007). FRAGSTATS 모형을 이용한 도암댐 유역의 산림 파편화 분석. 한국지리정보학회지. 10. (1) pp.10-21.
5. FRAGSTATS <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>
6. MaGarigal, K and B. Mark. 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service, General Technical Report PNW-GTR-351, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon pp.86-103.
7. Schueler, T. (1994) "The importance of imperviousness." Watershed Protection Techniques, Vol. 1, No. 3, pp. 100-111.