

경안천 유역 수변구역 경관구조 변화 분석

김경탁^{1*} · 김주훈¹

Analysis of Landscape Structure Change for Riparian Buffer Zone KyangAn Watershed

Kyung-Tak KIM^{1*} · Joo-Hun KIM¹

요 약

하천과 인접한 수변구역은 생태학적 중요성과 더불어 친수공간 제공 및 하천 수질 보호에 있어서 매우 높은 잠재적 가치를 가지고 있다. 본 연구는 경안천내 수변구역을 대상으로 경관 구조 지수를 정량적으로 분석하여 향후 수변구역 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하는 것을 목적으로 하였다. 분석자료는 과거 1966년부터 2000년까지 36년간의 항공사진을 기하보정하여 수변구역의 토지이용현황에 대한 시계열 자료를 이용하였고, 분석도구는 ArcView의 Extension 모듈로 운영되는 FRAGSTATS를 이용하였다. 분석결과 토지이용변화는 농경지 지역은 감소하고 시가화 건조지역은 증가하는 것으로 나타났으며, 기타 토지이용은 미미한 변화를 나타내고 있다. 경관의 구조 지수 변화 분석 결과 경관규모에서는 NP는 1966년에 437개에서 2000년의 토지이용 패치 수(NP)가 695개로 증가하고 있는 것으로 나타났고, 클래스 규모에서도 같은 결과를 나타내고 있어 인위적인 요인에 의한 토지이용변화가 큰 것으로 판단된다. MPS도 9.441에서 5.934로 작아지고 있어 이 지수 역시 토지이용이 많이 진행되고 있음을 나타내고 있다. 산림지역의 경우 감소하고 있는 추세이나 큰 변화는 없는 것으로 판단된다. 전체적인 지수분석 결과 패치 형태지수는 가장자리가 복잡해지고 있으며, 분산지수에서도 패치의 분산도가 커지는 것으로 나타나 토지이용이 변화되고 있음을 알 수 있다. 이는 수질관리측면에서 수변구역의 주요 기능인 오염물질 차단기능을 약화시키는 결과를 초래할 수 있어 수변구역 관리에 더 많은 노력이 필요할 것으로 판단된다. 향후 각 토지이용도별 각 패치의 분포 형태와 변화 양상 분석과 더불어 토양피복종류의 인접성 등을 고려한 수변구역 관리에 실질적인 자료를 제공할 수 있는 연구가 필요하다.

주요어 : 경안천 유역, 경관구조, 수변구역, 항공사진, FRAGSTATS

ABSTRACT

The Riparian Buffer Zone has many potential values including the preservation of water quality as well as being ecologically friendly. This study aims to quantitatively analyze the landscape structure index of the Riparian Buffer Zone in the Kyoung-an stream and to produce base information necessary

2005년 6월 16일 접수 Recieved on June 16, 2005 / 2005년 8월 16일 심사완료 Accepted on August 16, 2005
1 한국건설기술연구원 수자원연구부 Water Resources Division, KICT
* 연락처 E-mail : ktkim1@kict.re.kr

for proper management. The study used aerial images that were applied to geometric corrections for a time series from 1966 to 2000 for land data and also used FRAGSTATS, which is a type of ARCVIEW extension module, as an analysis tool. An analysis of land use change and the Landscape Index revealed that the area of farm land has decreased and that the area of residential property has increased. In addition, there was a slight change for land used for purposes other than farming or for residence. The results of analyzing the Landscape Structure Index, revealed that the NP has increased from 437 in 1966 to 695 in 2000. This data reveals that the change of land use is influenced by various artificial factors. The NPS, which represents the declining degree of patch, decreased from 9.441 to 5.934, revealing that the change of land use has been progressing considerably. In regard to forest areas, land use reduced somewhat but did not indicate a significant change. Therefore, an analysis of the total index reveals that the edge of patch has become more complicated and that the variation index of patch has increased significantly. However, this study reveals that barriers to block pollution have weakened as a result and that there is a need to concentrate on the implementation and the management of the Riparian Buffer Zone. Consequently, this study reveals that substantial research is necessary in order to carry out the proper management of the Riparian Buffer Zone, especially in light of the distribution type of each patch and the change in conditions regarding them.

KEYWORDS : *Kyang-An Watershed, Landscape Structure, Riparian Buffer Zone Aerial Image, FRAGSTATS*

서론

하천은 상하류간 또는 생태 서식처간을 연결하는 선형 녹지축으로서 환경 생태학적 측면에서 생물종 다양성을 증진시키는 통로가 된다. 특히 하천과 인접한 수변구역은 생태학적 중요성과 더불어 친수공간 제공 및 하천 수질 보호에 있어서 매우 높은 잠재적 가치를 가지고 있다.

수변구역은 수변에서 일정거리 이내의 공공수역으로의 오염물질을 차단하는 완충지대(riparian buffer zone 혹은 cordon sanitaire) 혹은 보호지대(protection zone)로서 수질관리를 위한 일종의 유역관리 구역이다.

국외에서는 비점오염원 및 수변 생태계 파괴 등의 문제점이 대두되면서 이미 1980년대부터 수변지역에 대한 중요성을 인식하고 수변지역을 조성 및 관리하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있으며, riparian protection zones, buffers, filter

strips, riparian management zones, riparian habitat conservation zones, water and lake protection zones 등으로 다양하게 관리되고 있다. 국내의 경우에는 최근까지만 해도 물관리는 수량확보, 환경기초시설확충 등에만 관심을 기울여 왔고 수변지역의 관리에는 등한시 해왔다. 그러나 수변녹지를 포함하는 수변지역의 수질·수량적인 측면 및 하천 생태계 유지 측면에서 그 중요성을 인식하여 정부는 1999년 9월 『팔당호등 한강수계상수원 수질관리특별대책』의 일환으로 팔당호와 남·북한강 및 경안천 양쪽 1km~500m이내 지역 255km²를 수변구역으로 지정·고시하여 수변구역 관리에 대한 대책을 새롭게 도입하는 한편 전국 주요하천 구간에 대하여 수변구역을 고시한 바 있다(환경부, 1999).

경관 생태학과 관련된 연구는 주로 도시화의 진행에 따라 도시지역에서 자연환경이 차지하고 있는 변화 혹은 도시 및 산림 생태계의 경관을 구성하는 요소들의 크기, 수, 형태, 밀도 등을

정량적으로 해석하는 연구들이 활발히 진행되고 있다(정성관 등, 2003). 한편, 경관은 그 구조를 구성하는 경관요소(숲, 초지, 경작지 등)에 따라 생물종의 분포가 이질적이며, 구조적으로 다른 특징을 갖는다(정종철, 1999).

원격탐사 자료를 이용한 경관요소 분석에서 Green 등(1987)은 TM의 반사치에 의한 정보를 이용하여 생물서식지의 구분화를 제시하였고, Myers(1998)는 SPOT 영상자료를 이용하여 높은 공간해상력을 이용한 자연식생의 파괴면적을 산출한 바 있다. 또한 수변구역과 밀접한 관계가 있는 하천 및 하천 부지에 대해서 시계열 항공사진과 과거 지형도를 이용하여 하천부지에 대한 토지이용도를 작성하여 그 면적 변화를 분석한 연구도 진행되고 있다(박근애 등, 2005).

본 연구는 수변구역에 대한 보다 효율적인 관리를 위해 경안천내 수변구역을 대상으로 과거 1966년부터 2000년까지 36년간의 항공사진을 정사보정하여 수변구역의 토지이용현황에 대한 시계열 자료를 구축하고 이를 통해 수변구역에 대한 경관구조 특성을 나타내는 면적변화, 패치수의 변화와 패치의 표준편차, 변동계수 등 경관 구조 지수를 정량적으로 분석하여 향후 수변구역 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 하는 것을 목적으로 하였다.

경관구조

경관이란 단순히 시각적인 정보를 의미하는 것이 아니라 여러 개의 상이한 생태계 조각(ecosystem patch)으로 구성되어 있는 공간적인 상위 개념으로 정의된다. 더 나아가 경관생태학의 기본적인 질문은 경관 구성성분의 공간적인 분포가 그러한 시스템의 기능적인 과정(functional process)에 미치는 영향을 살피는 것이라고 정의하고 있다. 따라서, 경관생태학은 넓은 공간에서의 생태계 조각의 크기, 분포, 패턴 등이 시간에 따라 어떻게 변화하는가에 연구의 초점을 맞추고 있다.

경관생태학의 정보는 주로 경관상의 생태계 및 그 구성성분의 구조를 밝히는 데 이용되어 왔다. 대표적인 예는 삼림의 면적 및 삼림 조각의 분포양상이 야생동물 특히 조류의 분포 및 개체군 크기를 결정짓는데 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다.

경관구조란 경관을 구성하는 요소들간의 공간적 패턴 및 관계를 말하며, 기능이란 공간적 요소들 사이의 상호작용을 의미한다. 변화란 시간의 경과에 따라 경관의 구조와 기능이 치환되는 현상으로서 수평 및 수직적 측면에서의 경관의 변화를 의미한다(한국경관생태연구회, 2001).

경관생태학에서 구조를 나타내는 기본 개념은 패치(patch), 클래스(class), 경관(landscape)으로 구분할 수 있다. 패치는 경관을 구성하는 최소 공간단위를 일컬으며, 클래스는 경관을 구성하는 최소 공간단위인 패치들의 집단을 지칭하고, 경관은 이들 패치와 클래스를 포괄하는 전체를 지칭한다(조용현, 2000).

경관구조 및 변화특성을 정량적으로 해석하기 위한 노력은 1950년대 후반부터 기하학적 이론을 기초로 하여 제기되어 왔으며, 최근에는 원격탐사 이미지, GIS, 정보이론이나 프랙탈(fractal) 이론에 근거한 지표 등을 도입하여 사용하고 있으며, 이를 이용하여 토지 이용도의 장기적인 경향을 이해하고 다양한 시공간적인 규모에서의 변화를 탐지할 수 있게 되었다. 또한 컴퓨터 기술의 향상 및 경관분석용 프로그램(FRAGSTATS, Patch analysis 등)의 개발로 복잡한 계산식으로 구성된 경관지수를 자동으로 계산하는 것이 가능해졌다(Gustafson, 1998; Li 등, 2001; McGarigal 등, 2002).

FRAGSTATS는 categorical map에 대하여 주어진 공간 내 조각들의 지역적인 범위와 공간적인 구성을 정량적으로 파악하기 위한 공간구조 분석 프로그램으로 주어진 경관 모자이크에 대해서 각 패치, 그 패치의 모음인 클래스, 그리고 전체 경관 모자이크와 같은 3가지 수준에 대해서 여러 가지 지수들을 계산하게 된다.

TABLE 1. Landscape indices include in the analysis

Acronym	Description	Metric
Area metrics		
LPI	Largest patch index(%)	$LPI = [\max_{j=1}^n (a_{ij})] / A$
Patch density, patch size and variability metrics		
NP	Number of patches(#)	$NP = n_i$
PD	Pathch density(#/100ha)	$PD = n_i / A$
MPS	Mean patch size(ha)	$MPS = \sum_{j=1}^n a_{ij} / n_i$
PSSD	Patch size standard deviation(ha)	$PSSD = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} / n_i \right) \right]^2 \right) / n_i}$
PSCV	Patch size coefficient of variation(%)	$PSCV = PSSD / MPS$
Shape metrics		
MSI	Mean shape index	$MSI = \sum_{j=1}^n (P_{ij} / (2\sqrt{\pi a_{ij}})) / n_i$
AWMSI	Area-weighted mean shape index	$AWMSI = \sum_{j=1}^n \left[(P_{ij} / 2\sqrt{\pi \cdot a_{ij}}) (a_{ij} / \sum_{h=1}^n a_{ij}) \right]$
DLFD	Double log fractal dimension	$DLFD = \frac{2}{\left[n_i \sum_{j=1}^n (\ln P_{ij} \cdot \ln a_{ij}) \right] - \left[\left(\sum_{j=1}^n \ln P_{ij} \right) \left(\sum_{j=1}^n \ln a_{ij} \right) \right]} \left[n_i \sum_{j=1}^n (\ln P_{ij}^2) - \left(\sum_{j=1}^n (\ln P_{ij}^2) \right)^2 \right]}$
MPFD	Mean patch fractal dimension	$MPFD = \left[\sum_{j=1}^n (2 \ln P_{ij} / \ln a_{ij}) \right] / n_i$
AWMPFD	Area-weighted mean patch fractal dimension	$AWMPFD = \sum_{j=1}^n \left[(2 \ln p_{ij} / \ln a_{ij}) \left(a_{ij} / \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \right]$

출처 : McGarigal K., and B. J. Marks. 1994. FRAGSTATS : Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure(Ver. 2.0). 정리

패치 계산은 경관 모자이크에 있는 모든 조각들에 대하여 계산한다. 패치수준에서의 계산은 두 가지 기본 형식을 지니고 있다. 하나는 개별적인 패치들의 공간적인 특성과 내용에 대

한 지수이고, 다른 하나는 그 패치의 모음인 클래스와 전체 경관 모자이크의 표준으로부터 산출한 편차로, 조각의 지수가 극값을 가질 경우 유용하게 사용될 수 있는 지수이다.

클래스 계산은 모든 패치의 형식이나 전체 경관 모자이크에서의 클래스에 대하여 계산된다. 클래스 수준에서의 계산이 지닌 두 가지 기본 형식은 클래스의 총계와 공간적인 배치(configuration)에 대한 지수들과 클래스에 대한 패치 계산의 1차 혹은 2차 통계 분석에 의해 제공되는 통계 분포를 말한다. 후자는 일반적으로 중심이 된 클래스에서 모든 패치들에 영향을 미치는 패치에서의 평균, 면적 가중 평균, 중앙값, 범위, 표준 편차, 분산 지수들을 요약하는데 사용된다. 이를 산출하는 방법은 패치에 대한 각 지수에 대하여 ① 평균(mean, MN), ② 면적 가중 평균(area weighted mean, AM), ③ 중앙값(median, MD), ④ 범위(range, RA), ⑤ 표준 편차(standard deviation, SD), ⑥ 분산 계수(coefficient of variation, CV)를 각각 구하여 표현한다.

경관 규모의 계산은 전체 경관 모자이크에 대하여 경관 지수가 산출된다. 경관 지수도 다른 지수들과 마찬가지로 두 가지 형식을 지니고 있다. 하나는 경관의 공간적인 배치(configuration)와 구성에 대한 지수들, 다른 하나는 전체 경관에 대한 패치 지수들의 1차 혹은 2차 통계 분석에 의해 산출되는 통계 분포 값이다.

연구대상구역 및 자료

1. 연구대상 구역

본 연구는 최근 도시의 난개발로 사회 문제가 되고 있는 경기도 용인시 지역이 포함되는

경안천 유역을 대상으로 하였다. 경안천 유역은 급속한 도시화의 진행뿐만 아니라 수도권에 대표적인 상수원수를 공급하는 팔당호의 한 지류로서 하천수의 수질오염 관리에 있어서도 중요한 유역으로 경안천 전 구간이 수변구역으로 지정된 곳이다.

경안천은 팔당호의 지류로 용인시 호동에서 발원하여 북류하며 용인시 김량장동에서 용인시 내를 관통하는 금학천과 합류한 뒤, 모현면 일산리에서는 큰 지류인 능원천과 합류하고, 다시 광주시 지월리에서 곤지암천과 합류하고 계속 북류하다가 팔당호로 유입된다. 경안천의 총 유로연장은 49.5km이고 국가하천 2개와 지방2급 하천 77개소를 포함하고 있다. 하천의 형상은 최상류부터 곤지암천 유입지점까지는 거의 직선으로 유하 하지만, 하류로 갈수록 곡선형으로 흐른다. 경안천 유역내 수변구역은 팔당호부터 경안천 국가하천 구간으로 유역면적 41.24km²이고 국가하천 구간은 18.98km이다.

2. 시계열 항공사진을 이용한 토지이용도 작성

시계열 항공사진을 이용한 토지이용도는 국토지리정보원에서 제작한 경안천 유역의 토지이용현황도를 바탕으로 1981년부터 2000년까지의 연차별 항공사진을 이용한 토지이용도를 제작하였다. 국토지리정보원에서 제작된 토지이용현황도의 제작방법과 마찬가지로 수치지도를 활용하여 항공사진을 수정·편집했으며 속성은 국토지

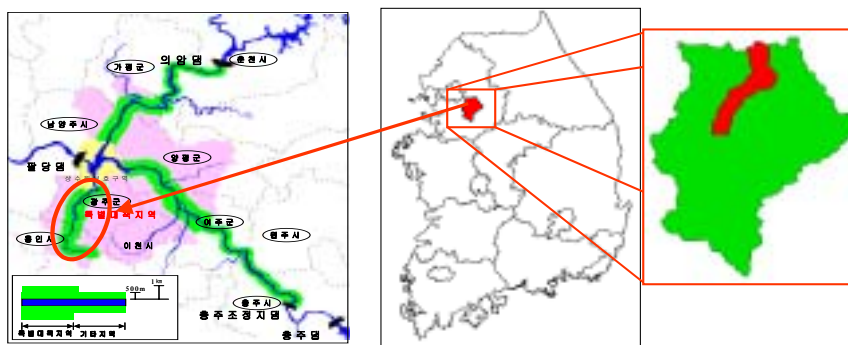


FIGURE 1. Location of study area

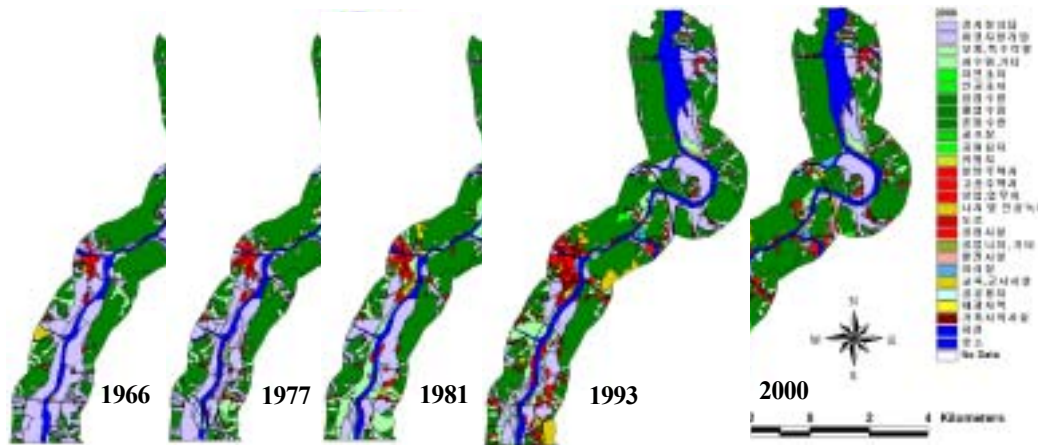


FIGURE 2. Change of landuse

리정보원 토지이용현황도의 속성부호를 참조하여 입력하였다. 토지이용현황도를 통해 각 연차별 토지이용 변화를 정성적으로 파악할 수 있으며, 경관 생태학을 위한 소프트웨어인 FRAGSTATS를 활용하여 하천 경관변화를 분석하고 예측할 수 있다.

수변구역내 경관구조 지수 분석

1. 경관요소별 면적 변화 분석

항공사진을 이용하여 생성한 시계열 토지이용현황도는 토지이용의 변화양상을 파악할 수 있을 뿐만 아니라 다양한 경관요소에 대한 지수 산출을 통해 경관구조 및 변화특성을 정량적인 해석이 가능하다. 경안천 국가하천 구간에 대한 수변구역의 토지이용 변화는 그림 2와 같다. 그림 2에서 보는 바와 같이 경안천 하류부는 팔당댐 수위의 영향을 받는 곳으로 팔당댐이 건설되기 전인 1966년에는 논이었던 구간이 댐이 건설된 1973년 이후 수몰되면서 토지이용상황이 경지정리답 및 미경지정리답에서 수역으로 바뀐 것을 알 수 있다. 또한 중간부분의 도시지역은 경기도 광주시 지역으로 1966년의 토지이용상태와 2000년의 토지이용상태를 비교해 보면 도시면적이 많이 확대되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이러한 토지이용변화는 생태학적 측면에

서도 많은 변화가 예상되지만 수문학적 측면에서도 불투수면적의 증가에 따른 홍수위험요인의 증대 혹은 수질 환경적 측면에서 점오염원이나 비점오염원의 증가에 따라 유역의 전체 오염원이 증가하는 요인이 된다. 이들 토지이용에 대한 면적변화는 표 2와 같다.

본 연구지역인 경안천 유역의 수변구역에 대한 토지이용변화는 환경부의 토지피복분류 항목 중 대분류 항목을 기준으로 분석한 결과 1966년에는 수변구역내 농경지면적이 16.93km²(경지정리답, 미경지정리답, 보통·특수작물, 과수원·기타)로 약 41.03% 였으나 2000년에는 10.46km²로 약 6.5km²가 감소한 것으로 나타났다. 또한 시가화건조지역(환경부 토지피복 대분류 기준)의 경우 1966년에는 수변구역 면적의 4.35%였으며, 2000년에는 18.46%를 차지하고 있어 약 4배인 5.8km² 이상 증가된 것으로 분석되었다.

산림지역의 경우에는 45.77%(1966년)에서 42.36%(2000년)로 약 1.4km²정도 감소한 것으로 나타났다. 그림 2에서 보는바와 같이 수변구역 전체적으로 보면 토지이용 변화는 농경지 지역에서 주거지역, 상업·업무지 및 공업시설 등으로 변화되는 것으로 나타나 하천 및 수변구역 관리에 있어서 불투수면적 증가, 점오염원 및 비점오염원의 증가 등으로 인해 하천 및 수변구

TABLE 2. Area change of landscape elements of the riparian buffer zone (Unit : ha(%))

landuse	year				
	1966	1977	1981	1993	2000
adjusted paddy field	23.80(0.58)	20.66(0.50)	189.05(4.58)	178.35(4.32)	208.60(5.06)
non-adjusted paddy field	1,410.55(34.19)	1,100.94(26.69)	688.93(16.71)	595.38(14.43)	472.59(11.46)
crop field	258.34(6.26)	440.94(10.70)	561.76(13.62)	452.04(10.96)	364.60(8.84)
orchard	-	5.45(0.13)	3.13(0.08)	0.36(0.01)	-
natural grassland	5.95(0.14)	10.81(0.26)	8.60(0.21)	26.84(0.65)	25.57(0.62)
artificial grassland	-	-	-	3.55(0.09)	6.92(0.17)
coniferous forest	1,107.64(26.85)	1,069.73(25.94)	1,106.26(26.83)	1,134.63(27.51)	1,097.67(26.62)
broadleaf forest	24.37(0.59)	22.87(0.55)	22.91(0.56)	23.59(0.57)	23.16(0.56)
mixed forest	756.56(18.34)	760.20(18.43)	745.38(18.07)	627.00(15.20)	626.24(15.19)
burial ground	-	-	-	3.12(0.08)	3.12(0.08)
low residential	105.86(2.57)	149.97(3.64)	127.52(3.09)	137.47(3.33)	245.55(5.95)
high residential	-	-	1.11(0.03)	66.58(1.61)	14.49(0.35)
commercial area	0.28(0.01)	6.06(0.15)	19.34(0.47)	31.07(0.75)	75.27(1.83)
bare land	34.13(0.83)	33.12(0.80)	37.44(0.91)	92.08(2.23)	126.33(3.06)
street	34.76(0.84)	36.72(0.89)	47.44(1.15)	71.75(1.74)	95.06(2.31)
industrial area	-	8.23(0.20)	21.15(0.51)	75.40(1.83)	108.35(2.63)
treatment area	-	-	-	7.78(0.19)	19.18(0.47)
training area	4.43(0.11)	5.44(0.13)	24.13(0.59)	56.64(1.37)	56.87(1.38)
public area	-	2.52(0.06)	5.72(0.14)	13.02(0.32)	20.30(0.49)
breeding area	-	-	4.45(0.11)	6.74(0.16)	8.28(0.20)
stream	359.19(8.71)	450.27(10.92)	509.33(12.35)	521.24(12.64)	516.76(12.53)
reservoir	-	0.26(0.01)	0.30(0.01)	0.10(0.00)	9.02(0.22)

역에 있어서 홍수 및 하천 수질오염의 위험성이 증대될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 경관지수 변화 분석

경관 지수 변화 분석은 경관규모의 분석(표 3)과 클래스 규모의 분석(표 4)으로 구분하였으며 경관규모의 분석결과 각 토지이용 패치(patch)의 전체 수(NP)는 1966년에 437개에서 2000년의 토지이용 패치 수(NP)가 695개로 증가하고 있으며, 표4의 클래스 규모의 분석에서도 시가화 건조지역의 NP수가 증가한 것으로 나타나 토지이용변화의 분석결과와 마찬가지로 인위적인 요인에 의한 토지이용변화가 큰 것

로 판단되며, 또한 PD는 단위면적당 패치수를 의미하므로 특정 토지피복지역의 면적이 동일하더라도 그 수에 따라 밀도가 다르기 때문에 패치의 연결성 또는 쪼개짐 정도를 측정할 수 있다. PD만으로 경관구조의 안정성 또는 생태적 기능을 평가하는 것은 불가능하지만 단위면적당 패치수를 기준으로 볼 때 그 값이 높을수록 구조적으로 불안정한 상태라 할 수 있다. 같은 결과로 패치밀도(PD)는 전체 면적으로 패치의 수를 나누어 계산하므로 패치수의 증가로 인해 패치밀도도 점차 증가하고 있다. 경관규모와 클래스 규모 모두 PD값이 커지고 있어 토지이용이 변화되고 있음을 알 수 있다. 반면 특정한

TABLE 3. Landscape Indices change of the riparian buffer zone

year	LPI	NP	PD	MPS	PSSD	PSCV	MSI	AWMSI	DLFD	MPFD	AWMPFD
1966	7.855	437	10.592	9.441	29.496	312.413	1.984	2.795	1.377	1.381	1.329
1977	7.646	630	15.283	6.543	23.061	352.444	2.086	3.124	1.394	1.386	1.334
1981	7.821	419	10.160	9.842	30.194	306.778	1.974	2.536	1.370	1.383	1.318
1993	7.659	615	14.910	6.707	23.490	350.233	1.782	2.792	1.371	1.380	1.329
2000	7.645	695	16.853	5.934	21.238	357.913	1.823	3.204	1.377	1.393	1.333

토지 피복 패턴에서 가장 큰 크기로 존재하는 하나의 패치가 전체 경관단위에서 차지하는 면적비율을 의미하는 최대 패치 크기 지수(LPI)는 0~100 범위에 있게 되는데 경관 전체가 단일 종류의 토지이용으로 구성될 경우 100에 이른다. 경관규모의 지수분석에서는 7.855(혼합수림)에서 7.645(침엽수림)로 다소 작아지고 있으나 이 값을 나타내는 패치는 산림지역으로 큰 변화

를 보이지 않는 것으로 판단되며, 클래스 규모의 경관구조 지수 분석에서 농경지의 경우 경지정리도는 0.4에서 1.86으로 값이 커지고 있으나 미경지정리도의 경우 2.66에서 2.128로 작아지고 있어 미경지정리도의 규모는 작아지고 경지정리도의 규모가 커지는 것을 알 수 있다(표 4).

각 패치에 대한 형태지수는 평균형태지수(MSI), 평균 형태 프랙탈 차원(MPFD), 이중로

TABLE 4. Class Indices change of the riparian buffer zone

Landuse	NP		PD		MPS		MSI		LPI	
	1966	2000	1966	2000	1966	2000	1966	2000	1966	2000
adjusted paddy field	3	13	0.073	0.315	7.933	16.046	1.441	1.563	0.402	1.856
non-adjusted paddy field	118	68	2.860	1.649	11.954	6.950	1.835	1.825	2.657	1.278
crop field	69	120	1.672	2.910	3.744	3.038	1.896	1.768	0.585	0.558
natural grassland	3	9	0.073	0.218	1.983	2.841	1.464	1.416	0.126	0.148
artificial grassland		3		0.073		2.307		2.480		0.110
coniferous forest	28	33	0.679	0.800	39.559	33.263	1.811	1.845	7.701	7.645
broadleaf forest	3	4	0.073	0.097	8.124	5.790	2.092	1.624	0.430	0.232
mixed forest	35	37	0.848	0.897	21.616	16.925	1.794	1.704	7.855	5.647
burial ground		2		0.048		1.560		1.877		0.044
low residencial	150	156	3.636	3.783	0.706	1.574	1.412	1.513	0.184	0.389
high residencial		9		0.218		1.610		1.257		0.070
commercial area	1	43	0.024	1.043	0.279	1.750	1.087	1.595	0.007	0.142
bare land	5	64	0.121	1.552	6.827	1.974	1.774	2.208	0.424	0.329
street	5	5	0.121	0.121	6.953	19.012	21.275	11.302	0.397	2.286
industrial area		55		1.334		1.970		1.570		0.233
treatment area		3		0.073		6.395		1.429		0.267
training area	2	9	0.048	0.218	2.217	6.319	1.297	1.431	0.092	0.533
public area		10		0.242		2.030		1.536		0.140
breeding area		7		0.170		1.183		1.403		0.061

그 프랙탈 차원(DLFD), 면적가중 평균 패치 프랙탈 차원(AWMPFD) 등이 있으며, MSI는 패치가 원이나 정사각형에 가까울수록 1에 접근하는데 본 연구에서는 1.984에서 2000년에는 1.823으로 나타났으나, 면적가중형태지수(AWMSI)는 2.795에서 3.204로 증가하여 패치의 가장자리가 복잡해지는 형태로 나타났다.

패치 크기의 표준편차(PSSD) 지수와 패치의 변동계수(PSCV)는 패치의 분산된 정도를 파악하는 지수로서 경관구조 지수인 PSSD가 점차로 작아지고 있으나 패치의 평균면적(MPS)이 작아져 PSCV는 더 증가하여 분산도가 더 커지는 것으로 나타났다.


결론

하천 및 하천과 인접한 수변구역은 상하류간 또는 생태 서식처간을 연결하는 선형 녹지축으로서 환경 생태학적 측면에서 생물종 다양성을 증진시키는 통로가 되며, 친수공간 제공 및 하천 수질 보호에 있어서 매우 높은 잠재적 가치를 가지고 있다. 본 연구는 수변구역내 생태환경 및 수변구역 관리를 위한 기초자료를 제공하기 위한 목적으로 토지이용에 대한 시계열 자료를 이용하여 경관구조 특성을 나타내는 면적변화, 패치수의 변화와 패치의 표준편차, 변동계수 등 경관 구조 지수를 정량적으로 분석하였으며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

대상지역의 경관요소 변화 추이를 분석하기 위해 1966년부터 2000년까지의 항공사진을 정사보정하여 토지이용현황도를 구축하였으며, 이 자료를 이용하여 토지이용변화를 분석하였다. 분석결과 토지이용변화는 농경지의 경우 36년동안 41.0%에서 25.4%로 감소하였고, 시가화 건조지역의 경우 4.35%에서 18.46%로 증가하였고, 산림지역의 경우에는 약 1.4km² 감소한 것으로 나타났다. 이러한 토지이용변화는 수변구역 관리에 있어서 하천과 근접한 곳의 토지이용의 변화가 큰 것으로 보인다.

경관 크기 규모의 지수분석 결과 패치수의 증가나 평균 면적의 감소, 변동계수 등 전체적인 지수를 분석한 결과 패치 수가 증가와 더불어 패치의 위축 정도가 커지고 있으며, 이 값 역시 농경지와 시가화 건조지역에서의 경관지수의 변화가 경관규모 및 클래스 규모 모두에서 더 활발하게 일어난 것으로 분석되어 토지이용 변화와 마찬가지로 농경지와 시가화 건조지역에서의 토지이용변화가 많은 것을 알 수 있다. 각 패치에 대한 형태지수는 평균형태지수(MSI)를 분석한 결과 패치의 가장자리가 복잡해지는 형태로 나타났다.

패치의 분산된 정도를 파악하는 지수들인 PSSD와 PSCV의 결과에 의하면 패치의 분산도가 커지는 것으로 나타나 토지이용이 변화되고 있음을 알 수 있다.

향후 각 토지이용도별 각 패치의 분포 형태와 변화 양상 분석과 더불어 토양피복종류의 인접성, 수문학적 변형 등 수변구역에 대한 수질 및 홍수 지수인자에 대한 연구를 수행하여 수변구역 관리에 실질적인 자료를 제공할 수 있는 연구를 수행하고자 한다. 

참고문헌

- 과학기술부. 2004. 시공간자료 활용기술개발 538쪽.
- 김선희. 2000. 수변구역·지정 관리정책의 평가와 과제. 경기논단 2000년 가을호 pp25-42.
- 박근애, 이미선, 김현준, 김성준. 2005. 시계열 항공사진과 20세기 초 지형도를 이용한 경안천 유역의 하천형태 및 하천부지 변화 추세 분석. 한국수자원학회 38(5):379-390.
- 정부통합(국무조정실, 환경부 등 관계부처 및 한강수계 5개시·도). 1998. 팔당호 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책 맑은 한강-새천년의 대계
- 정성관, 오정학, 박경훈. 2003. 도시경관계획수립을 위한 경관과편화에 관한 연구. 한국지

- 리정보학회지 6(3):11-20.
- 정중철. 1999. 식생지수에 의한 경관과편화의 해석기법. 한국지리정보학회 2(3):16-22.
- 조용현. 2000. 경관지수를 이용한 지역생태계 평가-용인시를 대상으로, 환경영향평가학회지 9(4):349-362
- 한국경관생태연구회. 2001. 경관생태학. 동화기술. 420쪽.
- 홍선기, 임영득, 中越信和, 장남기. 2000. 한국농산촌 경관의 구조와 이질성 및 다양성의 최근 변화 : 경관의 보전과 복원과의 관계, 한국생태학회지 23(5):359-368.
- 환경부. 2000. 팔당상수원 비점오염원 최적관리 사업 기본계획 및 타당성 조사수립 보고서.
- 환경부. 1999. 팔당상수원 주변지역에 수변구역 지정(<http://www.me.go.kr/>)
- Angus Carr, R. Rempel, P. Elkie, R. Kushneriuk and J. Elliott. 2004. Patch Analyst 3.0., Financial Support provided by: Sustainable Forest Management Network (NCE), and Centre for Northern Forest Ecosystem Research (OMNR)
- Green, K.M., J.F. Lynch, J. Sircar and L. Greenberg. 1987. Landsat remote sensing to assess habitat for migratory birds in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Vida Silv. Neotrop.* pp27-38.
- Gustafson, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern : What is the state of the art?. *Ecosystem* pp 143-156
- Li, X, L. G. Cheng and H. Xiao. 2001. Quantifying landscape structure of the Heihe river basin, north-west China using FRAGSTATS. *Journal of Arid Environment* 48:521-535.
- McGarigal K., S. A. Cushman, M.C. Neel, and E. Eue. 2002. FRAGSTATS; Spatial pattern analysis program for categorical maps, computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- McGarigal K. and B. J. Marks. 1994. FRAGSTATS : Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure(Ver. 2.0).
- Myers, N. 1998. Tropical deforestation and remote sensing. *For. Ecol. landscapes.* pp424-450.
- Gilabert, M. A., C. Conese and F. Maselli. 1994. An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectances from TM images, *Int. J. Remote Sens.*, 15:2065-2086. 