

## 개발에 따른 탄천유역의 파편화 및 이질성분석

이동근<sup>1)</sup> · 이현이<sup>2)</sup> · 김은영<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 서울대학교 조경·지역시스템공학부 · <sup>2)</sup> 서울대학교 대학원

### Analysis of Fragmentation and Heterogeneity of Tancheon Watershed by Land Development Projects

**Lee, Dong-Kun<sup>1)</sup> · Yi, Hyun-Yi<sup>2)</sup> and Kim, Eun-Young<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University,  
<sup>2)</sup> Graduate School, Seoul National University.

#### ABSTRACT

Rapid urbanization has transformed the spatial pattern of urban land use or cover. This paper concentrates that changed characteristics of landscape structure in the Tancheon Watershed, from 1995 to 2003 were investigated using land cover map. We used FRAGSTATS software to calculate landscape indices to characterize the landscape structure.

We found that built up area has been increased rapidly during the study period, while cultivated area and forest area have been decreased rapidly in the same period. From 1995 to 2003, built up area was increased from 19.73% to 39.62% and cultivated area and forest area was decreased 17.60% to 5.97% and 58.31% to 49.41%.

Number of patches, mean euclidean nearest-neighbor distance, contagion index, Shannon's diversity index increased considerably from 1995 to 2003, also suggesting the landscape in the study area became more fragmented and heterogeneous. but because of continuously fragmentation, landscape became homogeneity.

The study demonstrates that landscape metrics can be a useful indicator in landscape monitoring and landscape assessment.

Key Words : *Landscape metrics, Landscape structure change, Land Use/Cover, Tancheon Watershed, FRAGSTATS.*

**Corresponding author** : Yi, Hyun-Yi, Graduate School, Seoul National University,  
Tel : +82-2-880-4885, E-mail : honi@hanmail.net

**Received** : 2 November, 2007. **Accepted** : 18 December, 2007.

## I. 서론

급속한 도시화에 따른 무분별한 토지이용으로 주거, 상업, 공업지역 등 도시지역은 확산된 반면 기존 산림, 경작지, 습지 등의 자연경관은 점점 소멸되고 있다(김기대 등, 1998). 현재까지 국토 개발계획은 국토의 생태적 능력을 고려하기보다 인간의 필요에 따라 사회경제적 측면에 기반을 두고 이루어져온 결과 경관 구조변화와 경관 파편화가 발생하게 되었다. 에너지 및 종의 분포와 관련된 경관의 종류, 생태계의 구성, 크기, 형태, 개수에 관한 공간적인 관계를 설명해주는 경관의 구조의 변화는 생물서식공간을 고립, 파편화시키고 자연생태계의 물질순환과 에너지흐름을 파괴할 뿐만 아니라 경제적 가치를 줄이고 인간의 건강을 위협하고 있다(Turner, 1989; Rapport et al., 1998; Li et al., 2001; Matsushita et al., 2006; 허성구 등, 2007).

경관 파편화는 서식처의 고립, 교란, 손실을 가져오며 경관 이질성변화는 경관의 구성요소의 크기나 형태 및 기타 경관 패치의 배치, 공간 내 상호관계의 다양한 형태의 생태계 특성 변화에 영향을 미친다(Forman, 1995; 홍선기, 2000). 즉 파편화는 패치 규모의 감소, 형태의 변화, 패치간의 격리화를 가져오고, 이는 다시 패치 내의 종다양성 감소를 가져와 종국에는 국지적인 종의 멸종을 가져온다(안동만 등, 2003).

Echeverria et al.(2006)은 산림벌채로 인한 경관 파편화는 생태계의 생물다양성측면에 주는 영향에 대해 연구하였으며, Maclean et al.(2006)은 인간의 간섭으로 인한 서식처의 파편화, 서식처의 고립 및 교란이 경관에 미치는 영향에 대해 연구하였으며, Weng(2007)은 경관의 파편화의 정도와 도시의 확장의 관계에 대한 연구를 하였다. 국내에서 허성구 등(2006)은 유역 내 산림파편화가 홍수조절, 수질개선과 같은 산림고유 기능에 미치는 영향을 연구하였으며 안동만 등(1998, 2003)은 개발사업으로 인한 교란 형태, 빈

도, 강도가 경관구조 변화가 빠르게 진행되는 도시지역의 녹지조성방안 및 경관이질성 변화 분석 기법 개발을 통해 도시근교 경관관리와 경관보전 계획에 대한 연구 필요성과 시사점을 제공하고 있다.

최근 택지개발사업으로 기존의 산림을 훼손할 뿐만 아니라 산림생태계가 유지될 수 있는 최소한의 산림면적까지 훼손하는 등 작은 규모의 산림이 소멸되는 문제가 제시되고 있다(이동근 등, 2006).

탄천유역은 서울 구간 한강의 지류 유역 중 서울의 인구를 가장 많이 부양하고 있는 중요한 지역이며, 서울의 확장과정에서 신시가지를 형성하여 인구분담의 중요한 역할을 담당하고 있다(윤지연, 2005). 탄천유역은 용인시 수지·죽전지구, 분당 일대에서 고밀도 시가지를 형성하고 있으며, 계속되는 택지개발사업으로 개발압력이 증가하고 도시의 인구가 증가하고 있으며 도시산림지역은 인간의 간섭이 집중되고 도시림 파편화 현상이 급속히 진행되고 있다. 이런 상황에서도 경관생태학적 지식과 관리 부재의 문제로 지역생태계의 현황 파악 및 해석을 하고 지속가능한 개발을 위한 적절한 행위대안을 제시하지 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 생태계와 경관을 구성하는 요소의 공간적인 관계에 대하여 설명해 주는 경관구조 변화에 대한 정량적인 분석과 체계적인 정보가 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 경관생태학적 관점의 경관매트릭스를 이용하여 1990년대 이후 급격한 택지개발사업으로 토지이용변화가 빠르게 진행되고 있는 탄천유역을 대상으로, 시계열에 따른 경관구조 변화를 파편화 및 이질성 측면에서 분석하는 것이다.

## II. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위는 택지개발사업 개발 계획이 실시되기 이전인 1990년을 기점으로 하

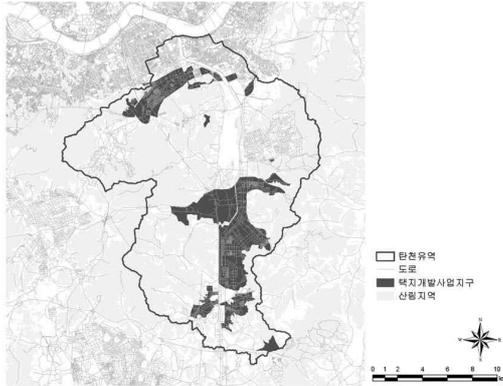


그림 1. 탄천유역.

여 1995년, 2000년, 2003년까지 4개년의 탄천유역을 대상으로 시계열에 따른 경관구조 변화정도를 분석하였다.

본 연구의 공간적 범위는 총 면적 약 302km<sup>2</sup>의 탄천유역으로 서울시 강남구, 서초구, 송파구 일부와 용인시, 과천시, 성남시가 포함된다(그림 1). 1990년 이후 상류지역인 용인시 수지·죽전지구 택지 개발, 분당 신도시 개발 등의 사업으로 토지 이용이 급속하게 변화하였고(동아일보, 2000. 08. 22), 향후 송파거여 택지개발, 판교 택지개발 이후 탄천유역의 산림 파편화 및 시가화 지역의 증가로 경관구조의 변화가 심화될 것으로 예상되는 지역이다.

본 연구에서 분석을 위해 토지피복분류도와 함께 경관지수 개념을 활용하였다. 이를 통해 정량적인 결과를 도출하고 해석하는 방법을 사용하였다. 분석은 시기적으로 차이가 있는 토지피복분류도에 대하여 다양한 경관생태학적 지수를 산출하고, 이를 생태계 지표로 활용가능한지를 검토하였다(그림 2). 분석을 위해 1990년, 1995년, 2000년, 2003년의 LandsatTM과 ETM+ 영상을 이용하여 분류된 토지피복분류도는 시가지, 농경지, 산림, 초지, 습지, 나지, 수역 등 7개 유형으로 구분하였으며 탄천유역 도시개발사업에 따른 경관구조를 파편화와 이질성 측면에서 분석하기 위해 경관매트릭스를 이용하였다. 경관매트릭스는

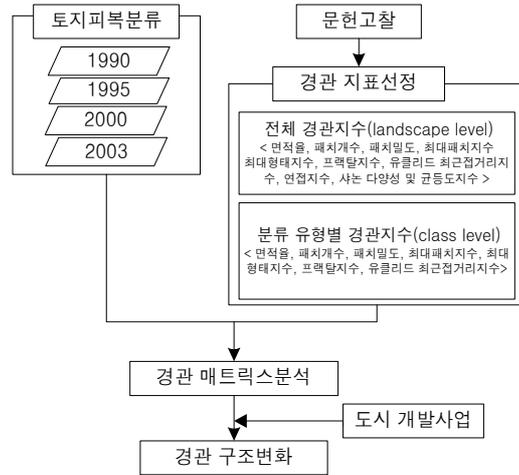


그림 2. 연구의 흐름(Flow Chart).

평가속성에 따라 크게 면적 관련지수, 패치밀도·크기·패치변이 관련지수, 가장자리 관련지수, 형태 관련지수, 중심지 관련지수 등으로 구분할 수 있으며, 국내·외 문헌을 고찰을 통해 공간이질성, 파편화, 패치의 복잡성, 연결성에 대해 설명할 수 있는 모든 패치와 계급을 포괄하는 전체 경관지수(Landscape level) 9개, 경관을 구성하는 최소 공간단위 패치의 다양한 속성 중 선택된 일정 속성이 동일한 패치들의 집단의 경관지수인 분류 유형별 경관지수(Class level) 7개를 선정하였으며(표 1), 분석결과를 바탕으로 탄천유역 경관 구조변화를 분석하였다(조용현, 2000; 이진희 등, 2001; 정성관 등, 2003; 나정화 등, 2005; 이형동 등, 2006; Kong et al., 2006; Matsushita et al., 2006; Yu et al., 2006; Baskent et al., 2007). 경관 매트릭스 분석은 경관구조와 관련된 각종 공간통계 수치를 계산하는 프로그램인 FRAGSTATS 3.3을 이용하였다(McGarigal et al., 1995).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 분류 유형별 경관지수(Class Level)

경관구조변화에 가장 큰 영향을 미치는 것은 농경지 및 산림의 감소에 따른 시가지 증가이다

표 1. 분석에 활용된 경관 매트릭스.

경관 매트릭스	범위
면적율(PLAND) : Percent of landscape (%) : 총 토지면적에서 클래스별 면적이 차지하는 비율	$0 < PLAND < 100$
패치개수 : Number of patches : 전체 경관(Landscape level) 단위에 의해 분석된 것이며, 경관에서의 패치의 총 개수, 분류유형별(Class level)에 의해 분석된 것이면, 각 유형에 대한 패치 개수	$NP \geq 0$
패치밀도(PD) : Patch density : 100ha당 패치의 개수	$0 < PD < 100$
최대패치지수 : Largest patch index (%) : 가장 큰 패치로 구성된 경관의 비율, 경관면적 중에서 가장 큰 패치가 차지하는 면적 비율	$0 < LPI \leq 100$
최대형태지수(LSI) : Largest shape index : 경관에 속하는 모든 가장자리(m)의 총합을 유형별 면적의 평방근으로 나눈 값	$LSI \geq 1$
프랙탈지수 : Area-weighted mean fractal dimension index : 패치 유형별 평균 패치 프랙탈 규모로 큰 패치가 작은 패치보다 가중치가 더 큼	$1 \leq FRAC \leq 2$
유클리드 최근접거리지수(ENN_MN) : Mean Euclidean nearest-neighbor istance(m) : 같은 종류의 패치 사이의 가장 근접하는 거리의 합을 패치수로 나눈값(평균)	$ENN\_MN > 0$
연접성지수(CONTAG) : Contagion index (%) : 각 패치 유형별 비례 풍부도 합에 1을 더한 후 이 값과 패치 유형 사이의 인접한 수를 곱한 것	$0 < CONTAG \leq 100$
Shannon's diversity index(SHDI) : 패치 면적에 대한 세부 패치 유형 출현수 비율	$SHDI \geq 0$

(McGarigal et al., 1995)

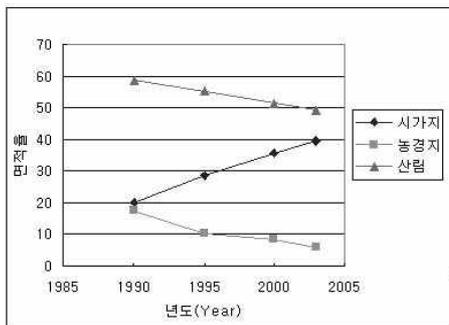


그림 3. 면적율의 시계열변화.

(표 1, 그림 3). 탄천유역의 농경지와 산림은 1995년 17.6%, 58.3%에서 2003년 5.9%, 49.4%로 감

소하였으며 시가지는 1990년 19.7%에서 2003년 39.6%로 약 두 배 증가하였다. 이러한 토지이용 변화의 원인은 1990년 이후 용인시 수지·죽전 지구 택지 개발, 분당 신도시 개발 등의 사업으로 농경지와 산림지역이 시가지로 변화되었기 때문이다.

토지이용 변화에 따라 시가지의 가장자리밀도는 1995년 26.01%에서 2003년 40.93%로 시간이 갈수록 증가하였으며, 농경지는 38.20%에서 23.63%로 산림은 34.6%에서 31.23%로 가장자리밀도가 각각 감소하였다(그림 4a).

시가지의 패치개수는 1990년부터 2003년의 연

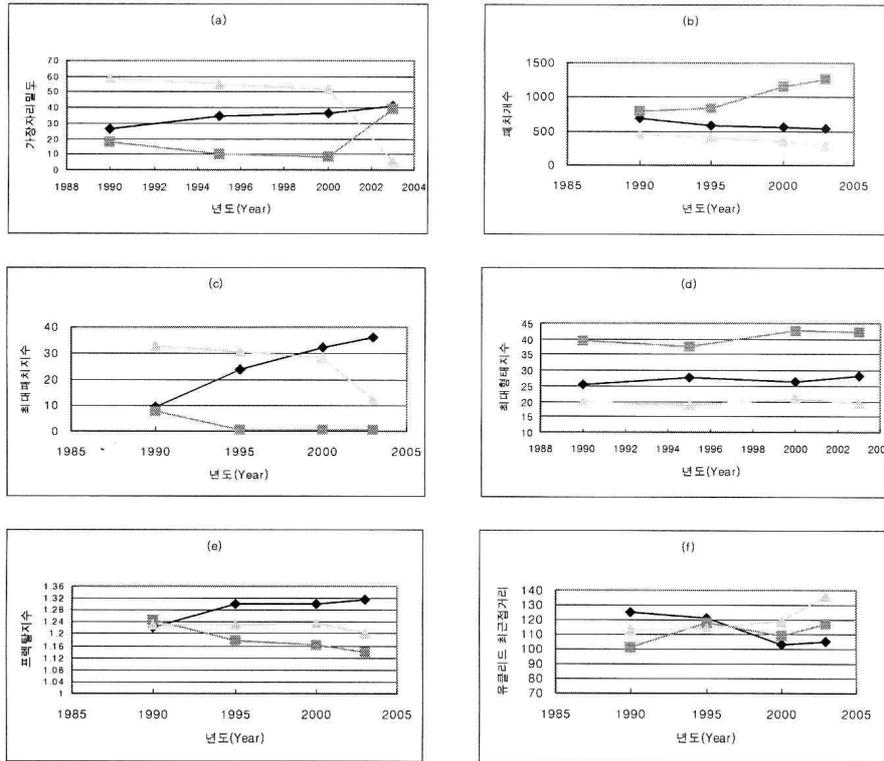


그림 4. 탄천유역 분류 유형별 지수(Class level)의 시계열 분석(범례: 시가지, 농경지, 산림).

구기간동안 685개에서 537개로 시간이 지남에 따라 감소하였다(그림 4b). 이는 급격하게 증가하는 최대패치지수 최대형태지수로 설명된다(그림 4c, d). 즉, 탄천유역의 택지개발사업으로 인해 시가지는 큰 패치로 생성됨을 의미한다. 또한 농경지의 패치개수는 파편화의 영향으로 계속 증가하며, 산림의 경우는 면적의 변화를 고려할 때 작은 산림 패치들이 인위적 개발로 인해 시가지로 흡수되어 패치개수가 감소한다. 이 역시 최대패치지수 최대형태지수로 설명 가능하다.

시가지의 프랙탈지수는 1990년 1.22에서 2003년 1.31로 점점 증가하며, 농경지와 산림의 프랙탈지수는 각각 1.25에서 1.14로, 1.23에서 1.14로 감소하였다(그림 4e). 유클리드 최근접거리지수는 시가지에서 1990년 125.15에서 2003년 105.11로 감소하였으며, 같은 기간 동안 농경지는 101.03에서 117.44로 산림은 113.49에서 136.41

로 증가하였다(그림 4f). 위 결과는 탄천유역의 패치 개수변화에 의해 설명 가능하며, 시가지 주변의 농경지와 산림패치들이 개발로 인하여 점점 파편화되고 새로운 작은 패치들이 계속 생성됨을 의미한다(Matsushita et al., 2006).

2. 전체 경관지수(Landscape Level)

1990년부터 2003년까지 탄천유역 전체 경관지수(Landscape Level) 변화는 다음과 같다. 초기 탄천유역 경관은 파편화의 영향으로 이질성이 증가하지만, 지속적인 개발 영향으로 이질성이 감소한다. 위 결과는 간섭에 의한 경관 이질성이 초기에는 증대되지만, 계속적 간섭은 하나의 경관을 다른 형태의 경관으로 바꾸어 놓아 결과적으로 이질성이 감소된다는 기존연구와 유사한 것으로 나타났다(안동만 등, 1998).

패치개수는 개발이 시작된 1990년에서 1995까

지 3,263개에서 9,312개로 증가하였지만, 이후 2000년 3,873개, 2003년 3,520개로 감소하였다(그림 5a). 1990년부터 1995년까지 가장자리밀도와 최대형태지수는 증가하였지만 2000년 이후 감소한다(그림 5c, d). 이 결과는 개발초기 탄천유역 파편화의 영향으로 패치의 개수가 증가하고, 패치밀도와 최대형태지수가 증가하지만 계속되는 개발의 압력으로 잔여 산림과 농경지가 잠식되며 패치의 개수가 감소하며 패치모양이 단순화되고 동질적으로 변하는 것을 의미한다(Yu et al., 2006).

또한 유클리드최근접거리지수는 1995년 탄천유역 개발이 시작된 1995년 이후부터 계속 증가하였다(그림 5b). 이러한 현상은 파편화로 인해 작은 패치가 증가하기 때문이다(Matsushita et

al., 2006).

경관의 응집도를 나타내는 연결성지수와 Shannon's diversity index는 1990년 61.08%, 1.11에서 1995년 61.10%, 1.12로 각각 증가하지만, 이후 감소하여 62.68%와 1.07값을 갖는다(그림 5e, f). 이는 1990년 이후 개발로 패치가 파편화되면서 패치의 연결성과 다양성이 일시적으로 증가하지만 개발밀도가 높아지면서 파편화로 인한 서식처 손실, 패치규모 감소로 생물 다양성이 감소하며 경관이 동질화되기 때문이다(안동만 등, 1998; Yu et al., 2006).

프랙탈지수는 1990년 1.23에서 2000년 1.25로 증가하였다. 이는 인위적인 간섭으로 패치가 기하학적 구조로 변화하고 주변경계가 복잡해졌기 때문이다(나정화 등, 2005). 따라서 탄천유역의

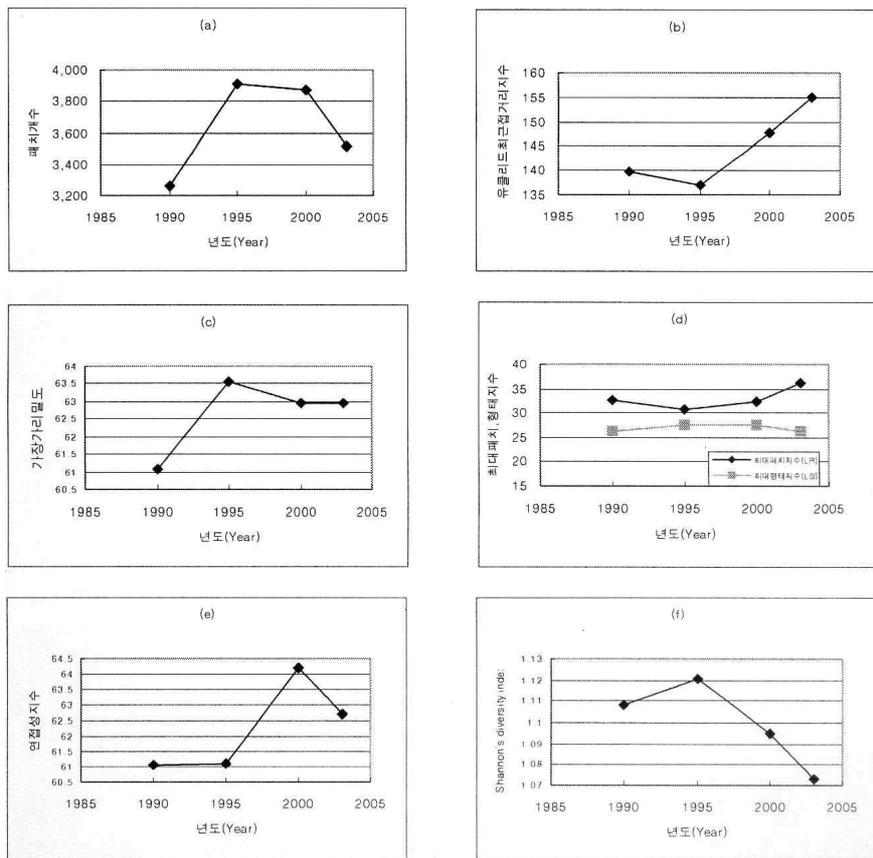


그림 5. 탄천유역 전체경관 지수(Landscape level)의 시계열분석.

경관은 개발로 인해 기하학적 구조로 변화하고 있음을 확인 할 수 있다.

3. 개발에 따른 경관지수의 변화

탄천유역은 수도권 주변지역인 용인시, 과천시, 성남시와 강남구와 송파구 일부를 포함한다. 이 지역은 기존의 개포택지개발, 수지택지개발

등에 이어 최근 판교택지개발, 송파거여 택지개발 등의 대규모 택지개발 진행되어 경관구조가 급속하게 변화하고 있다. 개발에 따라 농경지와 산림이 시가지로 전환되는 급격한 토지전용 현상이 발생하고 있으며 이를 인구증가가 이를 뒷받침 해주고 있다. 따라서 개발에 따른 시가지면적과 인구수 변화가 경관 파편화와 이질성에 어떠

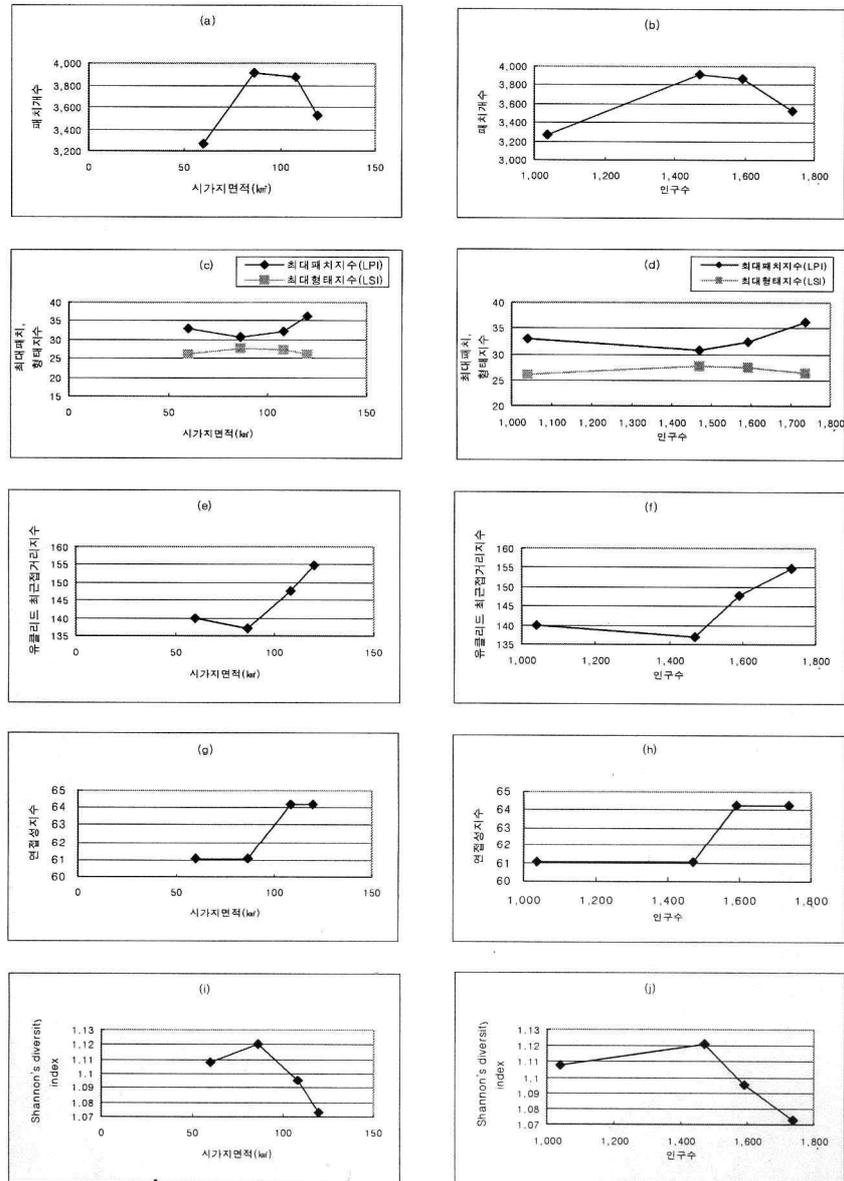


그림 6. 시가지면적과 인구수 증가에 따른 경관매트릭스 분석.

한 영향을 미치는지에 중점을 두고 이를 위해 패치개수, 최대패치지수, 최대형태지수, 유클리드최근접거리, 연결성지수, Shannon's diversity index 변화를 분석하였다.

시가지 면적과 인구수 증가에 따른 경관매트릭스 분석결과는 다음과 같다(그림 6). 가장 뚜렷한 변화는 1995년을 기준으로 경관의 파편화와 이질성 경향이 달라진다는 점이다. 개발이 시작된 이후 1995년까지 탄천유역의 시가지면적이 약 86km<sup>2</sup>으로 증가하였고 인구는 약 150만 명으로 증가하였다. 1995년까지 패치개수, 유클리드최근접거리, 연결성지수, Shannon's diversity index 등이 증가하였으며 이 결과를 통해 경관이 파편화되었음을 알 수 있다(그림 6a-j).

그러나 1995년 이후 시가지면적과 인구수가 지속적으로 증가하면서 경관의 파편화와 이질성이 이전과 다른 경향을 보인다. 대규모 택지개발로 인하여 1995년 이후 시가지의 패치개수가 감소하고 유클리드최근접거리, 연결성지수 값이 높아진다. 이를 통해 파편화, 이질화된 시가지 경관이 시가지 면적과 인구가 일정 수준이상으로 증가하면서 동질화 되어가고 있음을 알 수 있다. 시가지 경관이 동질화됨에 따라 Shannon's diversity index는 감소하게 된다(그림 6a-j).

대규모 택지개발과 그에 따른 인구증가는 탄천유역의 산림이나 농경지가 다른 용도로 전용되며 경관을 파편화 시키고, 이질적으로 변하게 한다. 그러나 집중적인 개발로 인해 시가지 면적과 인구수가 일정수준의 임계치 이상으로 증가하고 개발압력이 확산되면서 한 이후에는 탄천유역 경관은 단편화된다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 경관매트릭스 기법을 이용하여 도시 개발로 인한 1990년부터 2003년까지 탄천유역의 경관구조 변화를 시계열적으로 분석하였다. 본 연구를 통해 탄천유역의 개발로 인한 패치

의 파편화와 이질성측면에서 경관구조 변화를 설명하였다.

탄천유역은 1990년을 기점으로 하여 용인시 수택지개발, 죽전택지개발, 분당 신도시개발 등의 대규모 사업으로 토지이용이 급격히 변화한 지역이다. 연구기간동안 시가지의 급격한 증가 및 농경지와 산림의 급격한 감소의 영향으로 경관 구조가 변화하였다. 초기 탄천유역 내 개발사업에 의해 경관 이질화 및 파편화가 진행되었으며 이는 경관 패치개수, 유클리드최근접거리, 연결성지수, Shannon's diversity index 등의 지수 값의 증가로 설명할 수 있다. 하지만 탄천유역 내 계속된 개발로 인해 농경지와 산림이 급격히 감소하고 시가지는 두 배정도 증가하면서 경관 이질성이 감소되는 등 경관구조가 단편화되는 것으로 평가되었다. 또한, 패치밀도, 최대형태지수 및 프렉탈지수의 감소는 토지이용에 의한 경계 단순화로 인하여 경관의 이질성이 낮아지는 현상을 뒷받침해 준다. 이러한 탄천유역의 경관지수 변화는 개발의 압력으로 이질성이 높았던 지역이 개발이 진행되면서 잔여 산림과 농경지가 잠식되고 따라서 이질성이 낮아진 것으로 평가 할 수 있다(안동만 등, 1998). 결과적으로 탄천유역 경관매트릭스 분석의 결과 대규모의 택지개발과 그에 따른 인구 증가는 경관을 파편화시키고, 이질적으로 변하게 하며, 집중적인 개발 이후에는 동질적인 경관으로 변화한다.

탄천유역은 현재 송파 거여 택지개발, 판교 택지개발이 수행 중에 있으며, 이로 인하여 산림 파편화 증가 및 시가화 지역의 동질성이 증가할 것으로 예상된다. 탄천유역의 지속가능한 국토환경을 위해서 경관의 파편화 정도 및 이질성의 정도를 분석하고 남아있는 자연경관을 유지 및 개발사업에 대한 제한이 필요하다. 탄천유역의 바람직한 토지이용을 위해 인간의 영향과 도시화 과정의 상호작용으로 일어나는 경관변화의 메커니즘을 이해하고, 토지이용 변화와 그 영향을 분석할 필요가 있다.

경관을 분석할 수 있는 지표들은 매우 다양하며 시간과 공간적 변화에 따라서 반영 할 수 있는 평가지표가 다르다. 하지만 국내에서는 시간과 공간적 변화에 따라 경관을 평가 및 분석 할 수 있는 지수에 대한 정밀 검토와 체계적인 정리 및 개발사업에 있어 적용이 미흡한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 경관지수를 선정하고 결과를 이용한 경관구조변화의 정략적인 분석과 해석에 중점을 두었다.

본 연구는 이십여년간의 집중된 개발로 탄천유역 경관구조변화를 파편화와 이질성 측면에서 시계열적으로 분석하였다는데 의미가 있다. 그리고 탄천유역과 같이 개발로 인한 급속한 경관 변화를 하고 있는 도시지역의 토지이용의 모니터링과 평가를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이며, 향후 각종 개발사업으로 인한 경관구조 변화를 예측할 뿐만 아니라 그 영향의 정도를 파악할 수 있을 것이다.

## 인 용 문 헌

- 김기대 · 길지현 · 최병진 · 서민환 · 고강석 · 최덕일. 1998. 환경영향평가서에 나타난 생태계 단편화 현황과 생태통로 조성실태. 한국환경영향평가학회 7(2) : 15-27.
- 나정화 · 차성운 · 도후조 · 이정민. 2005. 농촌정주공간의 경관생태학적 특성 분석-내태1리와 검단1리의 사례지를 중심으로-. 한국환경복원녹화기술학회 8(2) : 1-20.
- 문석기. 1987. 한국 농촌자연부락의 녹지체계에 관한 연구. 한국조경학회 15(2) : 43-56.
- 박소윤. 2003. GIS를 활용한 산림생태계 평가에 있어 경관지수 기법의 적용방안. 대구가톨릭대학교 석사학위논문.
- 안동만 · 박은관 · 김인호 · 김명수 · 박소영. 1998. 서울시 주변지역의 경관이질성 변화 분석기법 개발을 위한 기초연구. 한국조경학회 26(3) : 288-296.
- 안동만 · 김명수. 2003. 환경친화적인 도시공원 녹지계획 연구 -생물서식처 연결성 향상을 위한 서울시 녹지조성 방안을 중심으로-. 한국조경학회 31(1) : 34-41.
- 윤지연. 2005. 중량천과 탄천유역의 지형환경비교. 한국교원대 교육대학원 석사학위논문.
- 이동근 · 김은영 · 오규식 · 윤소원. 2006. 택지개발사업이 산림에 미치는 시 · 공간적 누적영향 분석. 한국환경복원녹화기술학회 9(6) : 107-116.
- 이진희 · 김훈희. 2001. 토지이용 변화에 따른 녹지환경의 민감성 평가. 대한국토 · 도시계획학회지 36(5) : 211-224.
- 이형동 · 황철수. 2006. 대규모 택지개발에 따른 토지이용패턴변화와 시공간적 특성 분석 : 고양시를 사례로. 국토지리학회 40(1) : 155-167.
- 심우경 · 이진희 · 김훈희. 1999. 도농통합지역의 녹지환경정비모델에 관한연구 : 천안의 녹지구조변화를 중심으로. 한국조경학회 26(4) : 105-112.
- 정성관 · 오정학 · 박경훈. 2002. 토지이용변화에 따른 경산시의 경관구조 분석. 한국지리정보학회 5(3) : 9-18.
- 정성관 · 오정학 · 박경훈. 2003. 도시경관계획 수립을 위한 경관파편화에 관한 연구. 한국지리정보학회 6(3) : 11-20.
- 조용현. 2000. 경관지수를 이용한 지역생태계 평가 -용인시를 대상으로-. 환경영향평가학회지 9(4) : 349-362.
- 홍선기 · 임영득 · 장남기. 2000. 한국농산촌 경관의 구조와 이질성 및 다양성의 최근 변화 : 경관의 보전과 복원과의 관계. 한국생태학회 23(5) : 359-368.
- 허성구 · 김기성 · 안재훈 · 윤정숙 · 임경재 · 최중대 · 신용철 · 유창원. 2006. GIS 기반의 모형을 이용한 도암댐 유역의 산림 파편화에 따른 수(水)환경 영향 평가. 한국지리정보학회

- 회 9(4) : 81-94.
- 한국환경복원녹화기술학회. 2004. 경관생태학. 서울 : 보문당.
- Baskent, E. Z. 2007. Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey : A case study in inegol. *Landscape and Urban Planning*, 81 : 316-327.
- Dramstad, Wenche E., Olson, James D., and Forman, R. T. T. 1996. *Landscape Ecology Principal for Landscape Architecture and Land use Planning*. Washington D.C : Island Press.
- Echeverria, C., Coomes, D., Salas, J., Ray-Benayas, J. M., Lara, A., and Newton, A. 2006. Rapid deforestation and fragmentation of Chilean Temperate Forests. *Biological Conservation*, 130 : 481-494.
- Forman, R. T. T., 1995. *Land Mosaic : The Ecology of Landscape and Regions*. University press, Cambridge MA.
- Kong, F., Nakagoshi, N. 2006. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China, *Landscape and Urban Planning*, 78 : 147-64.
- Li, X., Lu, L., Cheng, G., and Xiao. 2001. Quantifying landscape structure of the Heihe River Basin, north-west China using FRAGSTATS, *Journal of Arid Environments*, 48 : 521-535.
- McGarigal, K., and Marks, B. J. 1995. FRAGSTATS : Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis.
- Maclean, I. M. D., Hassall, M., Boar, R. R., and Lake, I. R. 2006. Effect of disturbance and habitat loss on papyrus-dwelling passerines. *Biological Conservation*, 131 : 349-358.
- Matsushita, B., Xub, M., and Fukushima, T. 2006. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset(2006), 78 : 241-250.
- Rapport D., Costanza R., Epstein P. R., Gaudet C., and Levins R. 1998. *Ecosystem Health*, Blackwell Science, MAlden, Massachusetts, 5 : 82-90.
- Turner, M. G. 1987. *Landscape Heterogeneity and Disturbance*. New York, Spronger-Verlag.
- Weng, Y. C. 2007. Spatiotemporal change of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and urban Planning*, 81 : 341-353.
- Yu, X., and Ng, C. 2006. An integrated evaluation of landscape change using remote sensing and landscape metrics : a case study of Panyu, Guangzhou, *International Journal of Remote Sensing*, 27 : 1075-1092.
- [http : //www.donga.com](http://www.donga.com)(동아일보. 2000. 08. 22)