

## GIS 공간유형분석 모형을 이용한 경관 규모 생태계의 평가기법

손학기\* · 김원주\* · 박종화\*\*

### Landscape Scale Ecosystem Assessment Modelling Using Spatial Pattern Analysis of GIS: A Case Study of Yongin, Korea

Hak-Gi Sohn\* · Wonjoo Kim\* · Chong-Hwa Park\*\*

**ABSTRACT:** The objectives of this study were to develop landscape scale ecosystem assessment model, and apply the model for the assessment of the state and change of ecosystem of the study area, Yongin, Korea. Since natural ecosystem of the site has been deteriorated significantly during recent extensive residential development, it is essential to correctly assess ecosystem of the study site. Traditional ecosystem assessment mainly utilizing intensive field survey requires high cost, but the outcome rarely represents spatial pattern of the regional ecosystems. Ecosystem assesment of landscape scale based on landscape ecology can resolve most of the shortfalls of the traditional approach.

The research method can be summarized as follows. First, extensive literature review on such topics as spatial pattern of ecosystem, ecosystem assessment of landscape scale, ecological analysis was carried out. Second, a model for the ecosystem assessment of landscape scale emphasizing spatial pattern of ecosystem was developed. This model evaluates three indicators; ecological integrity and biological diversity, watershed integrity, and landscape resilience of 11 watersheds in the study area. Finally, ecological assessment utilizing two sets of indicators, enhancement of and disturbance of ecosystem stability, was carried out. This assessment method is based on Environmental Monitoring and Assessment Program's Landscape component(EMAP-L) of EPA(1994).

The results of this study are as follows. First, the ecosystem assessment of landscape scale of the study area of Yongin, Korea, showed that ecosystems of Tanchun01 and Chungmichun01 watersheds had the worst state in the study site in 1991. On the other hand, the ecosystems of Jinwechun01, Kyunganchun02, and Bokhachun01 watersheds had the most stable ecosystem in 1991. Second, ecosystems of Tanchun01, Shingal reservoir, and Kyunganchun01 watersheds were evaluated to be the worst state in the study site in 1996. And, ecosystems of Jinwechun01 and Gosam reservoir watersheds had the most stable ecosystem. Third, ecosystem of Tanchun01 watershed which includes Suji residential development project site changed the most drastically between 1991 and 1996. The ecosystem of the watershed the most drastically deteriorated due to it's proximity to Seoul and Bundang new town.

## 1. 서론

환경보전에 대한 국민적 관심의 증대에 따라  
서 국토계획이나 지방자치단체의 개발계획 수  
립 및 집행에서의 정확한 자연생태계 정보의 필

본 논문은 환경부 환경기술연구개발사업 "지속가능한 개발을 위한 생태계 지표개발" 과제(1998-2000) 연구비에 의하여 연구되었음.

\* 서울대학교 환경대학원 (Graduate School of Environmental Studies, Seoul National Univ. Shinlim-dong, Kwanak-gu, Seoul, 151-742 Korea, 011-9945-1970)

\*\* 서울대학교 환경대학원 교수 (Graduate School of Environmental Studies, Seoul National Univ. Shinlim-dong, Kwanak-gu, Seoul, 151-742 Korea, 02-880-5664)

## 1. 서론

환경보전에 대한 국민적 관심의 증대에 따라서 국토계획이나 지방자치단체의 개발계획 수립 및 집행에서의 정확한 자연생태계 정보의 필요성은 커지고 있다. 우리나라의 대도시권은 급격한 산업화 및 도시화가 진행되고 있으며, 특히 용인지역은 90년대에 급격한 주거단지 개발로 인하여 생태계가 심각하게 훼손되고 있다. 도시환경의 질을 유지하고, 지역 생태계의 부당한 훼손을 방지하여 인간과 자연이 공생하는 환경을 조성하기 위해서는 해당지역의 생태계를 정확하게 평가하는 것이 필수적이다.

전통적인 생태계 조사방법은 숙련된 조사원을 이용한 집중적인 야외 현지조사에 의존하기 때문에 지역생태계의 공간적 분포상태 혹은 시계열적 변화에 관한 정보를 얻기 위해서는 장시간, 고비용이 소요되는 근본적 한계를 갖고 있다. 따라서 생태계 평가는 주로 회귀종 혹은 법적 보호종의 서식지 혹은 도래지역을 대상으로 시행하고, 한정된 조사 대상지에서 수집된 국지적 생태계 자료를 각종 개발계획 혹은 환경보전계획 수립 대상 지역에 적용하기 어려운 실정이다.

우리나라에서 종래에는 환경영향평가 대상사업의 개발사업계획을 수립할 경우에 녹지자연도의 8등급을 기준으로 개발 허용 여부를 판단하였다. 그러나 녹지자연도는 육수생태계의 생태적 가치 평가 기능이 없고, 자연식생군집의 생물다양성이 인공생태계에 비해서 높다는 일반론에 입각하여 자연림과 인공림, 우점종의 연령 등을 위주로 평가하여 야생동물 서식지로서의 가치를 직접 평가하지 못하는 한계를 갖고 있다. 또한 우리나라의 환경영향평가사업은 대상지 및 인접지역에 국한되어 다수의 개발사업이 인접한 지역에서의 단위개발사업의 누적적 영향을 평가할 수 없고, 근래에 세계적인 관심이 증대되는 생태계의 단편화에 의한 부작용을 예측할 수 없는 한계를 갖고 있다.

이러한 문제를 해결하는 방안으로써 자연환

경보전법을 개정하고, 개발사업의 허용 여부를 결정하는 기준으로 생태자연도를 활용하도록 규정되었다. 그러나 생태자연도 작성지침은 마련되었지만 아직 지침의 적합성 여부에 대한 논란이 많고, 대표지역의 생태자연도를 시험적으로 작성하여 국토의 개발과 환경보전의 목표달성의 적합성 여부를 평가하는 것이 필요하다(김경민 1999, 손학기 2000, 조용현 2000). GIS의 공간자료 분석기능을 활용한 경관 규모의 생태계 평가 방법은 전통적인 생태조사 및 녹지자연도의 한계를 극복하고, 지역 혹은 국가 수준에서의 환경보전 관련 의사 결정에 유효하게 사용될 수 있다.

본 연구는 다음의 세가지 목표를 갖는다. 첫째, 생태계 분석 모형에 관한 선행 연구를 기초로 하여 경관 수준에서의 생태계 평가 모형을 구축하되, 하천 유역을 평가 단위로 설정한다. 둘째, 생태계 평가는 일정 시점에서의 상태 및 시계열적 변화를 측정하되, 생태계의 안정성 향상 및 저하의 관점을 구분하여 평가한다. 셋째, 난개발에 의한 생태계 파괴 및 생활환경 문제가 심각한 용인시를 대상으로 1991년 및 1996년의 생태계의 현황 및 이 기간 중의 시계열적 변화를 생태계 안정성 향상 및 저하의 측면에서 평가한다.

## 2. 경관 규모 생태계 평가모형의 추출

### 2.1. 생태적 공간 유형의 기능과 분석

생태적 공간 유형은 생태계를 구성하는 동물, 식물, 인간, 물, 토양, 대기 등의 요소간에 발생되는 생태적으로 의미가 있는 상호작용의 흔적을 인간이 지표면에서 관찰하는 공간적 유형을 말한다. 생태적 공간 유형은 환경의 질을 향상 혹은 저하시키는 역할을 한다(EPA 1997). 환경의 질을 향상시키는 생태적 공간유형은 산림연결성, 수변 완충지역, 식생 층위, 대면적의 산림

서식지, 산림의 주변부 서식지 등이다. 산림연결성 유형은 위성영상에서 시각적으로 판독하거나 영상분류기법으로 구분할 수 있다. 이 유형은 동물들의 이동 통로를 제공하고, 경관생태학의 이동통로 (corridor)가 갖는 서식처, 전달, 장애물, 여과, 공급원, 소멸처의 6가지의 기본적인 기능을 수행한다 (이도원 2000). 수변 완충지대는 하천 주변의 식생의 유무로 확인할 수 있으며, 하천으로 유입되는 오염물질을 여과하고, 다양한 양서 파충류 및 물고기의 서식 환경을 제공한다. 식생 층위는 일반적인 영상으로 확인하기 어려우나, 층위가 발달한 산림은 생태적으로 안정된 상태를 유지하고 있다. 산림내의 큰 서식지는 위성 영상 분류의 산림 패취의 크기로 알 수 있는데, 내부종이 외부의 방해받지 않고 서식할 수 있는 공간을 포함하고 있어 고유종의 보존에 중요한 역할을 한다. 주변부 서식지의 형태와 면적은 생물종 다양성 향상에 크게 기여하며, 역시 이동통로와 같은 6가지의 기본적인 기능을 수행한다 (Bernard and Tuttle 1998).

주로 인간의 활동에 관련된 생태적 공간 유형은 환경의 질을 떨어뜨리는 역할을 한다. 즉 댐, 하천변 및 급경사지의 농경지, 유역내 농경지면적, 인간 주거지, 인구밀도 증가, 산림 벌채, 대기오염, 하천변 도로, 산림 관통 도로, 산림 속의 주거지 등은 환경의 질을 저하시키는 생태적 공간 유형이다. 댐은 위성 영상에서 대규모의 물이 존재함으로 분류할 수 있고, 그 지역의 기후를 변하게 하는 부작용도 있지만 농업, 공업, 생활용수를 공급하는 긍정적인 역할도 한다. 하천에 인접한 농경지는 농약과 비료를 하천에 유입하여 수질오염을 유발하며, GIS의 거리측정 기능을 활용하여 하천에 인접한 농경지를 찾아 낼 수 있다. 유역내의 총 농경지면적은 하천의 면오염원 유입량과 밀접한 관계가 있으며, GIS의 면적계산기능을 통해서 구할 수 있다. 주거지역은 영상분류를 통해서 알 수 있고, 주거지의 면적은 그 지역의 도시화 정도를 말해준다. 산림 벌채는 토사유출량 증대, 홍수량 증대, 서

식지 감소 등으로 생태계에 부정적 영향을 미치게 되고, 이를 회복하기 위해서는 많은 시간이 필요하다. 이러한 공간유형은 인공위성 영상의 변화탐지를 통해서 알 수 있다.

## 2.2. 생태계 평가의 공간적 단위

생태계는 유전자에서부터 대기에 이르는 복잡한 시스템으로서 개체군, 생태계/군집, 경관, 생물군계, 생태권의 위계적 특성을 가진다 (Bailey 1996). 종래의 생태계 연구는 개체군 혹은 군집 수준에서의 종다양성 (species diversity)에 집중되었고, 임계수준 이하로 감소된 개체군을 회복시키는 것을 목적으로 사후적 생태계 관리에 치중하였다. 근래에는 경관생태학의 발전에 따라서 경관 수준에서의 생물다양성 (biodiversity) 혹은 생물학적 온전성을 유지하기 위한 연구 및 종합적, 예방적 관리를 중시하게 되었다 (Angermeier and Karr 1994).

생태계 평가는 생태학적 기초 및 심각한 환경문제의 해결에 유용하게 사용될 수 있어야 한다. 미국 EPA (1994)가 시행중인 EMAP-L 과제는 근래에 발전된 경관생태학적 이론에 입각하여 경관규모 생태계의 평가지표로서 생물적 온전성과 종다양성, 유역의 온전성, 경관의 지속가능성과 복원력을 선정하였다. 현재 우리나라의 도시화 및 사회간접시설 건설에 따른 서식지 축소 및 단편화, 전국적인 하천 유역 개발에 따른 수문환의 교란, 지속가능한 성장의 필요성을 감안하여 상기한 EPA의 평가모형을 채택하였다.

종래의 GIS를 이용한 생태계 평가에서의 공간적 평가 단위의 설정은 다음과 같은 장단점이 있다. 첫째, 생태계 조사를 GIS 개발 초기단계부터 이용된 격자형을 이용하는 것이다. 일본의 녹지국세조사는 전국을 대상으로 16\*16, 4\*4, 1\*1km 등의 격자형 DB를 구축하였다 (일본 환경청 1988). 경위도를 기준으로 생태계의 경계를 구분하는 것은 단순하여 처리의 효율성은 높지만 생태계의 경계를 과도하게 단순화시키고,

공간해상력을 높이려면 저장용량이 과도하게 증가되기도 하며, 지표면 유출수의 이동 방향 혹은 생태계의 공간적 확산 방향을 4개로 한정시키는 단점이 있다. 근래에는 CPU의 속도 증가, RAM 증가, 데이터 압축기술 혹은 TIN 구조를 채택한 효율적 자료저장 등에 의하여 해상력을 향상시키고 있다. 둘째, 미국의 GAP에서 야생동물 서식지 예측 모형은 벌집의 기하구조를 이용한 정육각형 공간DB를 채택하는 경우가 많다 (Scott 1996). 이 방법은 6개의 인접 공간단위와 접하기 때문에 격자형 구조에 비해서 생물과 무생물 요소의 수평적 이동 및 확산 방향을 훨씬 정확하게 분석할 수 있다. 셋째, 근래의 GIS는 주로 Vector data 구조를 채택하게 되어 최소작도단위(Minimum Mapping Unit)를 적게 하여 위치 및 분류 정확도를 증진시키고 있다. 우리나라의 1:25,000 지형도를 이용하는 임상도 등은 1ha 기준을 이용하고 있다.

생태계 조사 및 분석 구역의 경계를 설정하는 것도 여러 가지 고려사항이 필요하다. 첫째, 행정구역 혹은 국립공원 경계 등을 기준으로 생태계 조사를 시행하는 경우가 많다. 이 방식은 생태계의 관리주체인 인간을 중심으로 조사하는 것이 실제의 생태계 분포와 무관한 경우가 많다. 특히 특정 등고선을 기준으로 산악지역을 국립공원 등의 보호구역으로 지정한 경우에는 문제가 많다. 둘째, 우리나라 환경부의 전국생태계기초조사는 주로 육상생태계 위주의 조사를 위해서 하천을 조사 대상 생태계의 경계로 설정하고 있다. 하천생태계는 유역에서 공급되는 영양물 및 수자원으로 인하여 야생동물의 이용이 집중됨을 감안하면 하천 중심을 경계로 조사구를 구분하면 종다양성이 가장 높은 공간을 양분하는 오류를 범하게 된다. 셋째, 종래의 하천계획에서 유역경계를 단위로 하는 것과 마찬가지로 생태조사구의 경계로 사용하면 물을 중심으로 모이는 야생동물을 공간단위의 중심부에서 정확하게 표현할 수 있다. 근래 멧돼지 행동권을 조사한 서창환 (2000)의 연구에 의하면 능선

은 세력권의 경계가 되고, 이동통로는 8부 능선 이하인 경우가 대부분이었다고 한다. 능선이 야생동물의 이동통로라는 우리의 선입관은 야산에서는 마을 혹은 인간의 활동 영역에서 격리되어 안전에 유리한 점이 있기 때문이다. 근래에는 능선은 비교적 완만한 경사로 인하여 등산로로 이용되는 사례가 많기 때문에 야생동물은 인적이 드문 급경사 지역을 이용하여 먹이가 풍부한 산록 혹은 계곡의 전담으로 접근하는 경우가 많다. 따라서 행동권 및 종다양성이 높은 수변공간을 조사구의 중심에 둘 수 있는 유역단위 생태조사의 장점이 많다. 최근에는 DEM을 이용하여 유역경계를 추출하는 것이 용이하게 되었기 때문에 지형도에 표시되는 하천보다 하위의 수계 및 유역경계를 용이하게 추출할 수 있다. 특히 1:25,000 축척 기본도를 이용하여 경관규모 및 유역경계를 단위로 하는 경관 규모의 생태계 평가 방법은 지역 혹은 국가 수준에서의 환경보전 관련 의사 결정에 요긴하게 사용될 수 있다.

### 2.3. 경관 규모 생태계 평가 인자의 도출

경관규모에서 생태적 온전성과 종다양성에 관한 평가의 목적은 서식지의 축소와 단편화 위험성 및 종다양성 측면에서의 가치를 평가하는 것이다. 서식지의 축소와 단편화는 개체군사이의 유전물질의 교환을 감소시켜서 국지적 개체군의 절멸 및 종다양성의 저하를 가속화시킨다 (Forman 1995). 경관규모의 생태계 평가방법은 현장조사 위주의 평가보다 소요 시간 및 비용이 적으면서도 넓은 지역의 생태계를 동등한 정확도로 평가할 수 있다.

하천유역의 온전성 평가는 유역 개발이 하천 생태계에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 유역 내 자연 식생의 감소, 지피식생의 변화, 수변 완충대의 제거, 하천 인접지역의 개발 등은 유역의 수문환에 큰 영향을 미친다. 하천의 수자원 공급, 수질 정화, 홍수 제어, 토양 보전 등의 능력을 유지하는 것은 인간과 자연의 공생 혹은

지속가능한 성장(ESSD)의 관점에서 필수적인 것으로 인정받고 있다 (Jones 1997).

경관의 지속가능성 및 복원력은 생태계가 오래 유지될 수 있고, 교란으로부터 복원할 수 있는 능력이다. 파편화된 패취에서 동물 개체군의 복원력은 패취 간의 연결통로의 상태 및 거리에 의해서 결정된다. 따라서 인간과 자연의 공생 가능성을 극대화하는 것을 평가한다.

본 연구에서 경관 규모 생태계 평가는 미국 EPA (1994)가 시행한 동부해안지역 경관생태계 평가인자를 참조하여 일정 시점에서의 생태계 상태 평가 및 생태계의 시계열적 변화를 평가하였다. 생태계의 현재 상태 및 시계열적 변화는 안정성을 향상시키는 측면과 주로 인간에 의한 교란의 부작용으로 안정성이 저하되는 측면을

### 3. 사례연구

#### 3.1. 공간DB 구축

용인시 일대는 서울 및 분당 신도시에 인접하여 1990년대 초부터 주택건설촉진법에 의거한 대규모 주거단지 개발이 본격적으로 시작되었으며, 1994년 준농림지 개발이 허용되면서 난개발의 문제가 대두되고 있다. 본 연구에서는 개발 초기와 현재의 상태를 분석하기에 적합한 1991년 및 1996년의 Landsat TM 영상을 사용하였다. 공간수치데이터는 1997년 개정된 1:25,000 기본도를 기준으로 하고, 인구통계 등은 1998년 자료를 사용하였다.

<표 1> 경관 생태계 평가인자의 구성

구 분	생태적 온전성-종다양성						하천유역 온전성				경관지속 가능성-복원력					
	산림면적비율	산림과 변화	패취내부면적비	최대패취지수	주연부면적비율	패취평균인접도	패취형태지수	수자원량	수변완충녹지비	불투수층비율	수변농경지비율	인구밀도	농경지비율	농경지토양침식	도로밀도	개발면적비
생태계 상태 평가	향상	0	0	0	0	0	0	0				0				
	저하		0							0	0	0		0	0	0
생태계 변화 평가	향상	0		0	0	0	0	0				0				
	저하		0								0	0	0		0	0

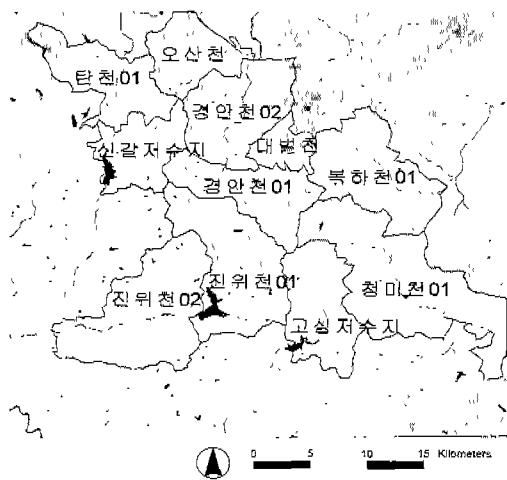
구분하여 평가하는 것이 필요하다.

본 연구는 <표 1>과 같이 평가인자를 선정하였다. 즉 생태적 온전성과 종다양성은 경관생태학적 기초에서 육상생태계의 질을 평가하는 7개의 평가인자, 유역 온전성 지표는 하천의 수문학적 순환, 수자원 공급, 오염물질 정화 등의 중요한 역할을 평가하는 4개의 평가인자, 경관의 지속가능성 및 복원력 지표는 경관생태학적 측면에서 인간의 교란행위가 생태계에 미치는 영향을 평가하는 5개의 평가인자를 추출하였다.

대상지의 지리정보 데이터베이스는 1:25,000 수치지형도의 도로망, 수계(하천 중심선, 호소) 및 표고 레이어를 이용하였고, ARC/INFO 7.1을 이용하여 구축하였다. 유역경계는 환경부가 1997년에 제작한 한강유역도를 사용하였다. 용인시는 11개의 유역으로 구분되며, 유역면적의 범위는 최소 대별천 유역 20.22km<sup>2</sup>, 최대 청미천 01 유역 138.36km<sup>2</sup>이며, 유역의 평균면적은 72.80 km<sup>2</sup>이다. 이것은 경관규모 생태계 평가에는 적합하지만 종래의 개별 사업에 대한 환경영향평가

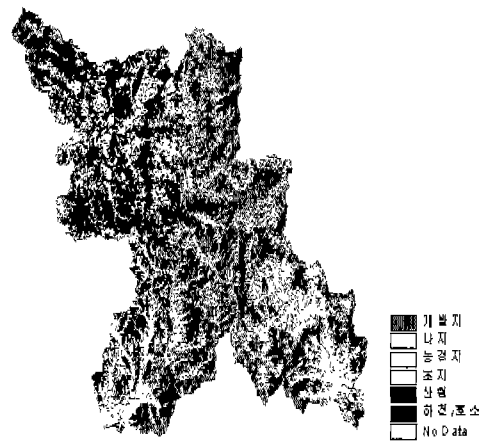
대상 면적을 초과할 가능성이 크다. 종래에는 경관생태학적 원칙과는 무관하게 환경영향 평가 범위는 사업지구 장축의 2배를 기준으로 하였기 때문에 발생된 문제를 해결하는 데 유리할 것으로 판단된다.

위성 영상자료의 좌표등록 및 무감독 분류를 통한 지피분류 작업은 ER-Mapper 6.0을 이용하였다. 경관지수 등의 경관생태학적 분석은 ArcView 3.2의 확장 모듈로 개발된 PatchAnalyst<sup>1)</sup>를 사용하였다. 또한 경관규모에서 수질과 관련된 토지이용 관련 분석작업은 ArcView 확장 모듈인 ATiLLA version 2.0<sup>2)</sup>을 사용하였다.



[그림 1] 용인시의 유역현황도

특성을 파악하는데 효율적인 Landsat TM 영상을 이용하여 두 시점 (1991. 10. 22 및 1996. 9. 1)의 지피를 분류하고, 변화탐지를 실시하였다. 영상 분류는 무감독분류 알고리즘을 이용하였으며, <그림 2>는 1996년의 지피분류 결과이다. 용인시의 1996년 현재의 지피 분류결과는 <표 2>와 같이 산림 57.9%, 농경지 26.2%, 개발지 8.0% 이다. 특히 산림은 1991년의 75.8%에서 17.9% 포인트나 감소하였고, 개발지 면적은 3.3%에서 8.0%로 급증하여 급격한 도시화 추세를 확인할 수 있다.



[그림 2] 용인시의 1996년 지피 분류

### 3.2. 사례지역의 생태계 평가

#### 1) 지피분류 현황 및 변화 탐지

본 연구에서는 연구 사례지의 전반적인 환경

Landsat-TM 영상에서 추출된 두 시기의 NDVI의 차이를 이용하여 연구대상 지역의 지피의 변화를 분석하였다. 본 연구에서는 두 영상의 NDVI 차이를 계산하고, 평균보다 표준편차 2배 이상 감소된 8,505,000m<sup>2</sup>를 식생 훼손지역으로 판단하였으며, 전체 면적의 1.44%를 차지한다.

1) PatchAnalyst는 캐나다 레이크헤드 대학의 렘펠교수가 대규모 공간에 기반을 둔 생태학을 연구하면서 만든 소프트웨어로, Fragstats\*ARC도 처음 만들어졌다. PatchAnalyst는 ArcView extension으로 사용하기 편하고, 무료여서 경관생태학 연구에서 널리 사용되고 있다.

<http://flash.lakcheadu.ca/~rrempe/p/patch/>

2) 미국 EPA의 경관생태학 연구팀에서 개발한 프로그램으로, 정식명칭은 Analytical Tools Interface for Landscape Asscessments이다. 이 프로그램을 통해서 경관 특성, 인간의 지해영향, 물리적 특성, 수변 특성 등을 평가한다.

<표 2> 용인시의 지피분류 결과

지피 분류	1991년 10월		1996년 9월	
	면적(m)	구성비(%)	면적(m <sup>2</sup> )	구성비(%)
개발지	19,755,000	3.3	47,460,600	8.0
나지	7,861,500	1.3	19,548,900	3.3
농경지	108,945,900	18.4	154,929,600	26.2
초지	386,100	0.1	18,464,400	3.1
산림	448,980,300	75.8	342,962,100	57.9
하천	6,362,100	1.1	8,925,300	1.5
총계	<b>592,290,900</b>	<b>100.0</b>	<b>592,290,900</b>	<b>100.0</b>

2) 1991년도 생태계 평가

사례지역인 용인과 같은 대도시에 인접한 지역에서의 인간의 자연생태계 이용 혹은 관리 행위는 필연적으로 자연생태계의 향상성 유지능력을 저하시킨다. 따라서 생태계 평가는 안정성 향상 및 훼손의 측면으로 구분할 수 있다 (EPA 1997). 사례지역의 1991년의 생태계 안정성 향상에 대한 평가는 각 지수의 값이 가장 큰 3개의 유역을 선정하고, 각 유역별로 선정된 개별 지표의 수를 합산하여 상대누적지수를 계산하였다. 또한 생태계 훼손에 대한 평가는 각 지수의 값이 가장 적은 3개의 유역을 선정하여 동일한 요령으로 상대누적지수를 계산하였다.

생태계 향상에 관한 평가는 <표 1>에서 소개한 마와 같이 9개의 지표를 이용하여 상대누적지수를 산출하였다. 농경지비율은 자연생태계의 훼손과 밀접한 관계가 있지만 인간의 지속성장 관점에서 필수적이기 때문에 포함되었다. 생태계의 향상에 관한 지표의 분석 결과는 <표 3>과 같다. 진위천01 유역은 상대누적지수 6으로서 평가인자 6개가 전체 유역의 최상위권에 속하는 것을 의미한다. 반대로 탄천01 유역은 상대누적지수가 0으로서 조사 대상 유역 중에서 교란이 가장 심한 생태계임을 알 수 있다.

생태계 교란에 관한 평가는 <표 1>과 같이 8개의 지표를 반영하였다. 이 평가의 결과 청미천01 유역은 상대누적지수가 4로써 생태계 교란

<표 3> 용인시의 1991년 생태계 향상에 관한 지표

유역명	산림 면적 비율	내부 면적 비율	최대 패취 지수	주연부 비율	패취 평균 인접도	패취 형태 지수	수자원 량	수변 녹지 비율	농경지 비율	상대 누적 지수
경안천01	68.4	16.8	5.7	7.5	3975.6	1.9	0.4	7.9	18.5	2
경안천02	62.2	19.9	4.6	8.0	6710.6	1.8	1.2	15.9	21.7	4
고삼저수지	57.2	10.2	2.7	10.0	3338.4	2.0	2.0	6.9	23.8	2
대벌천	68.7	4.9	1.5	2.9	4554.7	1.9	0.2	14.1	18.3	2
복하천01	60.5	17.6	4.1	10.8	7868.8	1.9	0.5	11.9	24.9	4
신갈저수지	60.0	9.5	2.8	6.4	2476.9	1.9	4.5	12.6	18.7	1
오산천	64.9	12.1	3.3	5.9	2854.6	1.8	0.5	17.0	19.6	2
진위천01	64.0	21.2	7.3	12.2	9654.5	2.2	4.0	10.5	19.24	6
진위천02	50.5	15.1	2.9	13.8	2091.0	1.9	1.1	7.3	29.2	2
청미천01	43.4	17.3	3.4	16.9	1571.9	1.7	0.6	2.1	36.8	2
탄천01	60.9	15.4	4.2	7.5	3088.1	1.9	0.4	7.7	21.0	0

이 가장 심하고, 이어서 신갈저수지, 진위천02, 탄천01 유역은 모두 상대누적지수가 3으로 평가되어 생태계 교란이 심한 편이다. 반면에 복하천01, 진위천01 유역은 상대누적지수가 0으로 평가되어 생태계 교란이 가장 적은 상태임을 알 수 있다. 또한 경안천01, 고삼저수지 유역도 상대누적지수 1로써 교란이 적은 편이다.

### 3) 1996년도 생태계 평가

상기한 1991년의 생태계 평가와 동일한 방법으로 시행된 생태계 향상에 대한 평가에서 진위천01 유역이 상대누적지수 7, 고삼저수지 5로 평가되어 안정성이 큰 것으로 평가되었다. 반면에 대별천, 탄천01 유역은 상대누적지수 0, 신갈저수지는 1로 평가되어 생태적 안정성이 가장 낮은 것으로 평가되었다. 오산천, 청미천 01 유역의 상대누적지수는 3, 여타 유역은 모두 2로 평가되어 비교적 안정성이 낮은 것으로 평가되었다.

생태계 교란 평가에서 진위천01과 복하천02이 상대누적지수 0으로 나타나 생태적 교란이 가장 적으며, 따라서 다른 유역에 비해서 상대적으로 좋은 상태를 유지하는 것으로 평가되었다. 그러나 탄천01, 신갈저수지, 경안천02 유역은 상대누적지수가 4-5로서 여타 유역에 비해서 생태계 교란을 심하게 받고 있다. 이와 같은 생태계 교란은 주로 이 지역에서의 대규모 택지개발사업의 진행으로 기인된 것이다.

### 3.3. 생태계 변화 추세 평가

사레지역의 1991년에서 1996년의 생태계 변화는 <표 1>에서 제시된 평가인자를 사용하되, 각 지수는 1991 - 1996년 기간 중의 변화량을 기준으로 생태계의 향상과 저하의 측면을 구분하여 평가하였다. 즉 평가인자 산림면적비율의 경우는 대상인 11개 유역의 이 기간 중의 산림면

적 변화량을 기준으로 향상 및 저하를 평가하였다. 그러나 <표 1>에서 볼 수 있는 바와 같이 생태계의 향상에 기여하는 수자원량과 생태계 저하에 기여하는 토양침식은 주로 유역의 면적 및 경사도에 의해서 결정되며 단기간에 변하지 않기 때문에 변화 평가에서 제외하였다. 또한 도로밀도는 TM영상으로 탐지되지 않고, 1991년의 수치자료도 구할 수 없기 때문에 제외되었다.

사레연구 지역에서 1991 - 1996년 기간 중에 생태계의 향상 지표의 상대누적지수 5로 평가된 진위천 01유역이 가장 향상된 것으로 평가되었다. 이어서 고삼저수지, 진위천02, 청미천01 유역은 상대누적지수 3으로 상당히 향상된 것으로 평가되었다. 반면에 경안천 01과 탄천 01 유역은 생태계 향상 지표의 상대누적지수가 0으로 평가되어 어느 지수도 이 기간 중에 향상된 것이 없다. 그러나 경안천 02 및 신갈저수지 01 유역은 상대누적지수 1, 대별천, 복하천01, 오산천 유역은 상대누적지수 2로 평가되었다.

사레연구 지역의 생태계 변화에 관한 평가는 <표 1>의 인자를 이용하여 평가하였다. 1991 - 1996년 기간 중에 생태계가 가장 급격하게 훼손된 유역은 상대누적지수 5로 평가된 탄천01 유역과 상대누적지수 4로 평가된 경안천02 유역이다. 탄천01 유역은 분당신도시에 인접한 수지 일대의 택지개발, 경안천02 유역은 광주읍 일대의 개발 때문이다. 반면에 복하천의 상대누적지수는 0으로서 생태계 교란이 가장 적었고, 고삼저수지, 대별천, 신갈저수지, 진위천01 유역은 상대누적지수 1로써 개발로 인한 유역 생태계 교란이 약한 편이었다.

## 4. 결 론

생태계 정보는 전국 및 지자체 수준에서의 개발 및 환경보전 계획 수립에 필수적이다. 종래의 현장조사에 의한 생태계 평가가 안고 있는 조사 비용과 시간, 그리고 현장조사에서 오는



국지적 생태계 자료라는 공간적 한계를 극복하기 위해서 생태적 공간유형을 이용하여 생태계를 평가할 수 있는 모형을 개발하는 것이 필요하다. 본 연구는 유역을 단위로 하는 경관규모 생태계의 평가기법을 채택하였으며, 유역 면적의 범위는 20.22 - 138.36km<sup>2</sup>이며, 평균면적은 72.80km<sup>2</sup>이다. 최근의 경관생태학적 연구 결과를 고려하여 생태계의 평가는 생물적 온전성과 종다양성, 유역의 온전성, 경관의 지속가능성 및 복원력을 평가하기 위하여 부분별로 각각 7개, 4개, 5개의 평가인자를 측정하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 1991년에는 진위천01, 경안천01, 북하천01 유역 생태계가 가장 안정되고, 탄천01, 중미천01 유역이 생태계의 교란상태가 가장 심한 것으로 평가되었다. 둘째, 1996년에는 진위천01, 고삼저수지 유역 생태계가 가장 안정되고, 탄천01, 신갈저수지, 경안천01 유역의 생태계가 가장 교란된 것으로 평가되었다. 셋째, 연구기간(1991-1996) 중에 탄천01 유역의 생태계가 가장 급격하게 훼손된 것으로 평가되었다. 이 지역은 서울 및 분당 신도시에 근접하고, 수지택지개발지구를 포함하기 때문이다. 넷째, 우리나라에서는 소유역 단위의 경관 수준의 생태계 건전성 평가가 시행된 적이 없음을 고려하면 GIS의 공간 자료 저장 및 분석기능은 대규모 개발사업의 공간적 영향을 평가하는 데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- 김경민, 2000, 도시생태계 보전복원을 위한 생태자연도 작성기법 개발, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
- 서창완, 2000. GIS와 로지스틱 회귀분석을 이용한 멧돼지 서식지 모형 개발. 서울대학교 박사학위 논문.
- 손학기 2000, 공간유형 분석 기법을 이용한 경관규모 생태계의 평가: 용인시를 사례지역으로, 서울대학교 환경대학원 석사학위 논문.
- 용인시, 1998. 『제3회 용인통계연보』 .
- 이도원, 2000. 『환경계획과 설계, 관리를 위한 경관생태학』. 서울대학교 출판부
- 일본 환경청, 1998, 『전국 녹지국세조사 보고서』 .
- 조용현, 2000, 『서울시 생태자연도』, 서울시 정개발연구원
- Angermeier, Paul L. and James R. Karr, 1994, Biological Integrity versus Biological Diversity as Policy Directives: Protecting biotic resources, BioScience 44(10): 690-697.
- Bailey, R.G. 1996. Ecosystem Geograpy. Springer.
- Bernard, Jerry and Ron Tuttle, 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Practices, and Processes, USDANatural Resources Conservation Service.
- Environmental Protection Agency(EPA), 1994. Landscape Monitoring and Assessment Research Plan, EPA 620/R-94/009, Office of Research and Development, Washington, D.C.
- EPA, 1997. Environmental Monitoring and Assessment Program : Research Strategy.
- Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press.
- Jones, K. Bruce et al. 1997, An Ecological Assessment of the United States Mid-Atlantic Region: A Landscape Atlas. EPA.
- Scott, J. M. T.H. Tear, and F.W. Davis, 1996. GAP Analysis: A Landscape Approach to Biodiversity Planning.