

## 토지의 훼손 잠재성에 대한 신속한 생태평가방법

김 종 원<sup>†</sup>

계명대학교 생물학과

**적 요:** 군락분류학에 기초한 현존식생도를 이용하여 토지에 대한 생태적 안전성 또는 취약성을 평가하는 '잠재인간간섭도' 평가방법을 개발하였다. 4개 범주(삼림지역, 개방수역-호소와 하천, 경작지 면적, 주택-도시화의 인공 면적)에 따라 입지도에 대한 직접평가 및 간접평가로부터 격자법과 등고선법에 의한 '잠재인간간섭도(潛在人間干渉圖)'를 제작하였다. 이것을 토대로 토지의 훼손 잠재성을 평가하는 '교란핵구역'과 '위약(危弱)세포구역'을 규정하고, 토지 관리를 위한 생태적 접근을 시도하였다. 사례연구로 973개의 격자(500 m×500 m)로 이루어진 부산광역시 기장군 일대의 현존식생도 상에서 이루어졌다. 사례연구 지역 내에서 '교란핵구역'은 51군데이며 '위약세포구역'은 28군데로써 대상 면적의 약 8.1%를 차지하는 것으로 나타났다. 식물학적 현존식생도를 이용한 '교란핵구역'과 '위약세포구역'을 발굴하는 잠재인간간섭도는 토지 이용과 보존에 관한 생태학적 전략 구축에 있어서 구체적인 현장적 입지진단 정보를 제공하는 유효수단인 것으로 밝혀졌다.

**검색어:** 교란핵구역, 위약세포구역, 토지이용평가, 생태계관리, 잠재인간간섭도, 현존식생도.

### 서 론

인구밀도가 높은 우리나라는 토지에 대한 이용이 질적 양적으로 매우 복잡한 양상을 나타내고 있다. 따라서 야생생물의 서식공간은 양적으로 크게 파편화되어 있을 뿐만 아니라 구조적(중조성적)으로 크게 쇠퇴되어 있다(김 1997, 김과 이 1997). 그럼에도 불구하고 우수한 자연생태계 또는 보다 온전한 생태지역의 발굴과 보존은 주로 기초생물상 조사에 크게 의존하고 있다(김 등 1999). 즉 특정 조사 기간 동안에 관찰된 생물종의 다양성에 근거하여 그 지역에 대한 생태적 관리를 추구하고 있는 실정이다. 그것은 식물종과 달리 식생(vegetation)을 서식공간으로 의존해 살아가는 모든 동물종은 계절적, 지역적 분포양식이 인간 활동과 밀접한 상호관계를 가지면서 매우 카오스적으로 일어나기 때문이다. 특히 우리나라와 같이 집약적이고 지속적인 인간간섭에 노출되어 있는 지역에서 보다 온전한 자연생태계를 보존하고 건전한 토지 이용을 하기 위한 공간설정과 관리는 그 대상지역에 대한 보다 긴 시간에 걸친 세밀한 생물상 조사가 필요하며, 무엇보다도 야생생물 서식처로서의 식물학적 건전성과 인간간섭의 잠재성에 대한 입지평가를 통해서 성취될 수 있다. 희귀 생물종자원의 분포가 기재되더라도 그 생물종의 현지내보전(in-situ conservation)은 서식처의 안전성 또는 취약성에 대한 평가로부터 입지의 생태적 관리 전략이 수립될 수 있기 때문이다(김 1997).

본 연구는 현존하는 토지이용 양식과 식생의 분포 양식 그리고 토지에 대한 잠재적인 인간간섭의 가능성에 대한 분석으로부터 '잠재인간간섭도' 평가방법을 개발하고, 현장적 적용을 시

도하였다. 본 연구를 통하여 생태계 완충지역의 설정과 관리, 온전한 생태연결망을 위한 생태디자인 등과 같은 생태학적 입지관리 전략을 구축할 수 있다.

### 재료 및 방법

#### 잠재인간간섭도 평가방법

토지에 대한 잠재적인 인간간섭 지도는 잠재인간간섭도(度)(degree of anthropogenic disturbance potentiality: ADP)를 채색한 지도이다. 토지에 대한 잠재인간간섭도의 평가는 대상 입지에 대하여 지형도 정보를 포함하는 현존식생도를 이용하였으며, 지도 상의 일정 크기의 격자(단위면적)에 따라 직접평가 및 간접평가로 이루어졌다. 격자법에 의한 토지의 자연성 평가를 통하여 정성적 정량적 사후 모니터링을 가능하게 하였다(Kim 1997). 각 격자에 대한 직접평가 및 간접평가는 4개 범주(삼림지역, 개방수역-호소와 하천, 경작지 면적, 주택-도시화의 인공 면적)로 이루어진 평가항목을 이용하였다. 각 격자 속에서 각각의 범주에 대하여 ordinal scale의 다섯 가지 피도계급([1], [2], [3], [4], [5])으로 판정하였다(Table 1).

각 격자에 대한 직접평가는 그 격자가 가지고 있는 잠재인간간섭도의 고유값(최대값 20에서 최소값 4)이며, 간접평가는 해당 격자를 포위하고 있는 인접 격자 8개의 잠재인간간섭도(최대값 160에서 최소값 32)를 이용한다. 최종적으로 하나의 격자에 대한 잠재인간간섭도는 그 격자 자체의 직접평가 값과 간접평가 값을 합한 적산값에 대하여 10등급으로 표준화하였다. 이와 같이 격자에 대한 직접평가 값에 간접평가 값을 적산하는 것은 해당 격자의 자연성과 그 격자를 포위하고 있는 인접격자와의

<sup>†</sup> Author for correspondence; Phone: 82-53-580-5213, e-mail: jwkim@kmu.ac.kr

Table 1. Method of scoring the value of land cover in a unit area (mesh)

	Criteria	Class				
		[1] (0~20%)	[2] (20~40%)	[3] (40~60%)	[4] (60~80%)	[5] (80~100%)
Naturalness	f - Forest cover	small	.....	.....	.....	large
	w - Open water	small	.....	.....	.....	large
Human impact	u - Urbanized area	large	.....	.....	.....	small
	a - Agricultural area	small	.....	.....	.....	large

1	2	3
4	5	6
7	8	9

For example,

ecological index (H) of ADP(anthropogenic disturbance potentiality) of mesh No. 5,  $H_5 = D_5 + I_5$ ,

in which direct value (D) of mesh No. 5;  $D_5 = f_5 + w_5 + u_5 + a_5$ ,

indirect value (I) of mesh No. 5;  $I_5 = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_6 + D_7 + D_8$ .

( $f_5, w_5, u_5$  and  $a_5$  are the coverage class of forest cover, open water, urbanization and agricultural land in the mesh No. 5.)

이질성을 보정해 주기 위함이다. 실제로 매우 높은 자연성을 포함하고 있는 격자라 할지라도 그 주변에 공장이나 도로에 포위되어 있다면, 그렇지 않은 격자에 비하여 토지에 대한 개발의 요구도가 높을 뿐만 아니라, 사람들의 용이한 접근성으로 말미암아 서식처의 질적 쇠퇴와 물리적 훼손의 가능성이 훨씬 높기 때문이다. 잠재인간간섭도 등급 [1]은 가장 자연성이 낮으며 잠재적으로 인간간섭에 의해 훼손될 가능성이 가장 높은 입지이며, [10]은 그 반대로 자연성이 가장 높은 지역으로 인간간섭으로부터 이격되어 있는 지역을 의미한다.

자연생태계에 대한 인간간섭은 그 생태계가 존재하는 토지의 위치에 따른 인간접근성에 밀접한 관계가 있기 때문에 격자간의 잠재인간간섭도 변화가 조밀하거나 급격히 변화하는 지역은 그 만큼 인간간섭에 쉽게 노출되고 훼손의 위험성이 높은 곳이기도 하다. 본 연구에서는 이웃하는 격자간의 등급 변화(교란 벡터)가 3등급 수준(less intensive disturbance pressure)과 그 이상의 급격한 변화(intensive disturbance pressure)를 나타내는 지역에 대하여 두 가지 양식으로 구분하여 토지관리계획에 결정적 정보를 제공하고자 하였다: (1) 보다 낮은 등급의 격자는 인접하는 높은 등급의 격자에 대한 훼손의 가능성을 증대시키는 '교란핵(disturbance nuclei) 구역'으로 규정하며, (2) 그러한 낮은 등급으로 포위된 격자는 자연성이 우수할 지라도 그 격자의 자연성은 쉽게 파괴될 수 있는 '위약(危弱)세포 (vulnerable cell) 구역'으로 규정하였다.

사례 연구 지역의 현존식생도

토지의 잠재인간간섭도 평가기법에 대한 사례 연구는 한반도 동남부에 위치하는 부산광역시 기장군 일대에서 수행되었다. 이 지역은 개발제한구역과 상수원보호구역을 포함하면서도 인구가 밀집한 대도시에 접하여 위치한다. 따라서 도시 주변지역에 대한 '토지개발과 생태계의 보존'이라고 하는 일반적인 사회적 현안을 포함하고 있는 전형적인 지역이다. 사전 연구로써 대상 지역에 대한 Braun-Blanquet(1964)의 군락분류학적 연구가 이루어졌으며, 식생의 구조와 기능이 뚜렷이 구별되는 아군단 또는 군단 수준 이상의 17 가지 식생범례에 따라 현존식생도(기본도 1:25,000의 지형도)가 제작되었다(Fig. 1). 본 연구 지역 내에서는 참나무류 낙엽활수림과 소나무류 상록침엽수림의 삼림 식생이 단연 우세하였다. 산지 참나무림은 조사지역의 26.6%(53.02km<sup>2</sup>)를 차지하며, 이 가운데 신갈나무 또는 졸참나무 우점림과 개서어나무, 서어나무 우점림 등의 자연림(면적 0.35 km<sup>2</sup>)이 포함되어 있다. 나머지 대부분은 굴참나무 우점의 이차림으로 이루어져 있다. 침엽수림(곰솔림과 소나무림)은 가장 넓은 식생면적(71.08 km<sup>2</sup>)을 차지하는 대표적인 삼림식생형이었다. 따라서 대도시에 인접하고 있는 지역이면서도 다층 구조의 삼림생태계가 우세한 건전한 자연지역이라 할 수 있다. 잠재인간간섭도는 현존식생도 상에서 973개의 격자(500 m×500 m)에 대한 직접평가 및 간접평가를 통해 분석되었다. 토지에 대한 인간간섭의 공간적 분포를 분석하기 위하여 격자법 및 등고선법의 두 가지 종류의 잠재인간간섭도가 제작되었다.

어졌으며, 식생의 구조와 기능이 뚜렷이 구별되는 아군단 또는 군단 수준 이상의 17 가지 식생범례에 따라 현존식생도(기본도 1:25,000의 지형도)가 제작되었다(Fig. 1). 본 연구 지역 내에서는 참나무류 낙엽활수림과 소나무류 상록침엽수림의 삼림 식생이 단연 우세하였다. 산지 참나무림은 조사지역의 26.6%(53.02km<sup>2</sup>)를 차지하며, 이 가운데 신갈나무 또는 졸참나무 우점림과 개서어나무, 서어나무 우점림 등의 자연림(면적 0.35 km<sup>2</sup>)이 포함되어 있다. 나머지 대부분은 굴참나무 우점의 이차림으로 이루어져 있다. 침엽수림(곰솔림과 소나무림)은 가장 넓은 식생면적(71.08 km<sup>2</sup>)을 차지하는 대표적인 삼림식생형이었다. 따라서 대도시에 인접하고 있는 지역이면서도 다층 구조의 삼림생태계가 우세한 건전한 자연지역이라 할 수 있다. 잠재인간간섭도는 현존식생도 상에서 973개의 격자(500 m×500 m)에 대한 직접평가 및 간접평가를 통해 분석되었다. 토지에 대한 인간간섭의 공간적 분포를 분석하기 위하여 격자법 및 등고선법의 두 가지 종류의 잠재인간간섭도가 제작되었다.

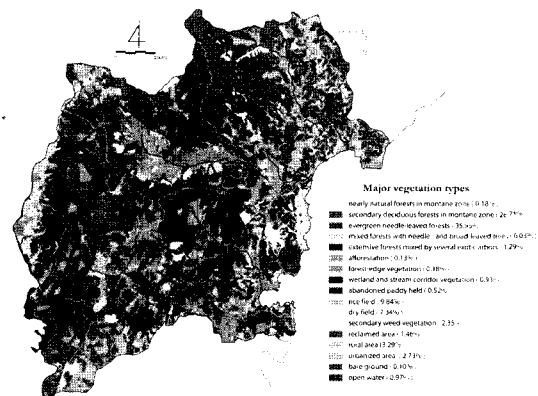


Fig. 1. Actual vegetation map of Gijang area in Pusan metropolitan city.

### 결 과

잠재인간간섭도가 가장 낮은 지역(등급 [10]와 [9])은 대상 지역의 19.7%를 차지하며, 본 조사지역 최북단의 경남 울주군과 경계영역인 삼각산 북방 산악지역과 용소골 북방지역, 철마산 남방 및 북방지역, 화동저수지를 중심으로 하는 상수원보호구역의 동부지역으로 나타났다. 이들 지역은 의도적이건 비의도적이건 인간의 접근성이 불리한 지역이다(Fig. 2). 이와 같이 토지에 대한 인간간섭이 낮은 지역은 '비점훼손' 양식인 탐방객에 의한 굴취 및 산불의 예방과 더불어 '점훼손' 양식인 합법적인 대규모 토지개발(e.g. 골프장 건설, 위락 시설, 경작기 개간 등)이 지양된다면, 지속적으로 기장지역 내에서 자연생태계의 핵심지역으로 기여할 수 있는 입지이다. 한편, 가장 낮은 등급 [1]과 [2]를 나타내는 지역은 전체면적의 4.1%로 나타났다. 이들 지역은 정관면 소재지 내에서 가장 넓은 면적으로 나타나고 있으나, 대체로 조사지역 전체에 걸쳐서 점점이 산재해 있는 것이 특징이다. 결국 자연생태계에 대한 인간간섭은 그 생태계가 존재하는 토지의 위치에 의한 인간접근성에 따라 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 한편 등고선법 및 격자법에 의한 잠재인간간섭도를 상호보완적으로 이용함으로써 잠재인간간섭도의 변화가 조밀하거나 급격히 변화하는 지역을 쉽게 발굴할 수 있었으며, 그 지역은 그 만큼 인간간섭에 쉽게 노출되고 훼손의 위험성이 높다고 할 수 있다(Fig. 2a).

기장지역 내에서 '교란핵구역'으로 판정되는 입지는 총 51군데이며, 대상지역의 5.2%를 차지하였다. '위약세포구역'으로 판정되는 입지는 28군데로 약 2.8%를 차지하는 것으로 밝혀졌다(Fig. 2b). 정관읍내 지역 및 정관농공단지 배후 지역, 철마면 송정리와 철마산 사이, 금정구 두구동과 공덕산 사이 등의 3개 지역은 도시산업권역과 산지권역이 직접 접하는 지역으로 '교란핵구역'과 '위약세포구역'이 집중 분포하고 있다. 기타 '교란핵구역'과 '위약세포구역'이 집중적으로 분포하는 지역은 주로 주요 간선도로가 잘 발달한 농업권역과 삼림생태계가 발달하는 산지권역이 직접 접하는 지역으로 나타났다. 이러한 정보는 토지이용과 토지관리를 위한 매우 정확하며 현장적으로 확인가능한 입지도(立地圖)로써의 잠재인간간섭도 임을 나타내고 있는 것이다.

### 고 찰

군락분류학의 궁극적인 목적은 토지에 대한 식피 양식을 체계화하고 단위화 함으로써 토지에 대한 생태적 관리의 기본토대를 제공하는 영역이다(Westhoff and van der Maarel 1973). 토지에 대한 생태적 관리를 위한 속성분석을 위하여 공간적 단위가 우선적으로 규정되어야 할 것이며, 해당 토지의 자연성과 그 주변 영역과의 이질성 또는 인간간섭으로부터 발생할 수 있는 교란에 따른 위약성 평가가 포함되어야 할 것이다. 전자에 대하여 본 연구에서는 군락분류학적 군단(alliance) 수준 또는 그 이상 수준의 현존식생도를 이용하였으며, 후자에 대해서는 비교적 신속하게 토지에 대한 인간간섭 정도를 평가할 수 있도록 토지의 자연성과 인간간섭의 잠재성 평가를 위하여 네 가지 평가항목으로 구분하였다(표 1 참조). 특히 우리나라와 같이 토지에 대한 인간간섭이 매우 집약적이고 그 식피의 양상 및 패치의 크기가 매우 복잡한 모자이크 상이 현존하는 지역(김 1997)에서는 보다 상위 단위 수준의 식생범례의 현존식생도만이 토지 평가에 유효하다. 뿐만 아니라, 토지를 이용하고 있는 양식에 따라 태양에너지의 이용과 분배 양식은 다르고, 그에 따라서 토지에 대한 식피의 구조는 크게 다르다. 결국 삼림과 개방수역의 영역은 지역 내에서 가장 효율적 태양에너지의 접근이 이루어지는 자연생태계 영역이며, 도시와 농업지역은 인공 또는 반자연생태계 지역이기 때문에 뚜렷이 대별되는 토지의 자연성 평가항목으로 유효한 것이다.

한편 잠재인간간섭도 분석으로부터 다음과 같은 입지 진단이 가능할 것이다: (1) 높은 등급과 낮은 등급을 나타내는 지역의 공간적 분포양식과 그 원인은 무엇인가, (2) 등급의 변화가 급격하게 일어나고 있는 지역은 어디이며, 그 원인은 무엇인가. 전자에 대한 토지의 생태적 관리는 지역 개발에 있어서 생태계 건강성을 보존하기 위한 수단으로 생태네트워크(ecological networking)의 구축에 결정적 정보를 제공한다. 후자에 대해서는 등급의 변화가 급격한 격자 간에는 그러한 급격한 변화를 완충해 줄 수 있는 생태적 수단이 제시되고 실천함으로써 훼손 지역의 확대 방지와 생태계 우수지역의 보호가 가능할 것이다. 지역의 자연환경 조건에 따라 상이하지만, 훼손가능 지역인 '교란핵구역'과 '위약세포구역' 사이에는 완충의 기능을 감당하는 생태적 수단으로 환경보전림의 확보 또는 조성 그리고 입산통제 관리를 포함한 토지에 관한 생태적 가이드라인 등이 고려된다. 뿐만 아니라 두 가지의 훼손가능 지역으로부터 이격되어 있는 자연생태계 지역에 대한 생태네트워크를 구축하기 위한 생태학적

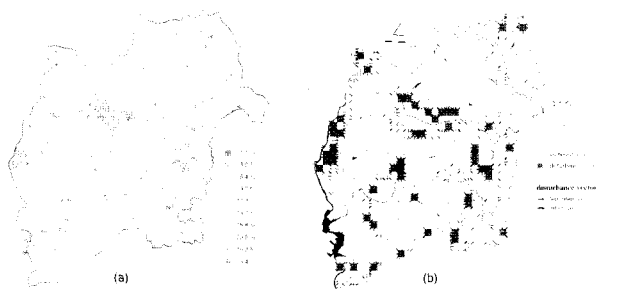


Fig. 2. Map of anthropogenic disturbance potentiality(ADP) in Gijang area, Pusan metropolitan city. Arabic numerals in the contour line and mesh maps are the degree of ADP. The bigger numbers represent the lower disturbance potentiality. In figure 2b arrows denote disturbance vectors between ADP degree. Disturbance vector represents a kind of potential disturbance pressure that relevant cell is influenced by surrounding cell.

전략을 수립할 수 있다. 따라서 본 연구에서 검증된 현존식생도를 이용한 신속한 잠재인간간섭도 평가 방법을 통해 지역 및 국토에 대한 생태적 관리(박 2001)에 관한 환경부 정책을 뒷받침할 수 있으며, 나아가 정보의 신뢰성을 확보한 녹지자연도 또는 생태자연도에 대해서도 이와 같은 방법을 적용하여 국토에 대한 보다 구체적이고 현정적인 생태관리 전략을 수립할 수 있을 것이다. 한편, 본 연구의 잠재인간간섭도는 헤메로비등급(hemeroby class; e.g. Sukopp 1972)의 본질적 의미를 고려한 토지평가 기법이기도 하다. 헤메로비는 '생태계에 대한 인간간섭도를 의미하며, 그러한 인간간섭도는 해당 생태계의 최종 단계로의 발달에 영향을 미치는 인간간섭 정도'를 토대로 평가된다. 식생에 대한 헤메로비 등급은 신귀화식물(neophyten) 구성비를 포함한 식생구조에 따라 판정되기도 한다(Grabherr *et al.* 1998). 본 연구의 잠재인간간섭도는 생태계 훼손가능 구역과 같은 토지의 생태적 관리 구역의 발굴, 즉 생태적 교란핵구역과 위약세포구역의 발굴을 통해 궁극적으로 토지에 대한 생태 계획 및 생태 디자인을 위한 구체적이면서 현장적 정보를 신속하게 제공하는 것이 특징이다.

#### 인용문헌

김종원. 1997. 다항목 매트릭스 식생평가 기법 - 식생의 자연성

평가에 대한 새로운 기법과 그 적용. 한국생태학회지 20: 303-313.

김종원, 이윤경. 1997. 의왕시 자연식생지. 의왕시 자연식생지 편찬을 위한 생태조사연구 최종보고서. 의왕시. 132 p.+38 p.

김종원, 이윤경, 제갈재철, 최기룡. 1999. 제주도 칼데라 습지에 대한 국가보호지역 지정을 위한 군락생태학적 연구. 계명대학교 기초과학연구소 논문집 18: 89-100.

박용하 (편). 2001. 21세기 자연환경보전정책 발전방향 연구. 최종보고서. 한국환경정책·평가연구원. 환경부. 280 p.

Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. 3rd ed. Springer, Wien-New York. 631 p.

Grabherr, G., G. Koch, H. Kirchmeir and K. Reiter. 1998. Hemerobie österreichischer Wald-Ökosysteme. MAB- Berichte Band 18; Innsbrucker Univeristäts Verlag. 493 p.

Kim, J. W. 1997. A map of vegetation naturalness using the MM-technique. J. Inst. Nat. Sci. 16: 3-40.

Sukopp, H. 1972. Wandel von Auswahl von Naturschutzgebieten. Sch. Reih für Landschaftspflege und Naturschutz 6: 183-194.

Westhoff, V. and E. Van der Maarel, 1973. The Braun-Blanquet Approach. In R.H. Whittaker (ed.), Ordination and Classification of Communities. Dr. W. Junk b.v., The Hague. pp. 617-726.

(2003년 1월 17일 접수 ; 2003년 2월 4일 채택)

## Rapid Ecoassessment Technique about Anthropogenic Disturbance Potentiality of Land Use

Kim, Jong-Won

Dept. of Biology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

**ABSTRACT** : In order to determine the degree of anthropogenic disturbance potentiality (ADP) of the area a rapid ecoassessment technique was developed on the basis of actual vegetation map. ADP degree of relevant unit cell was computed by using four criteria of land use patterns such as forested area, open water and stream, agricultural area, and urbanized area. Ultimate ADP degree of each cell was obtained by means of direct and indirect computation process. Finally the map of ADP was drawn and analyzed. Vulnerable cell and disturbance nuclei were determined according to disturbance vector which is a kind of potential disturbance pressure of relevant cell influenced by surrounding cell. A case study was accomplished in the Gijang area of Pusan metropolitan city. 973 meshes (500m×500m) were analyzed and a total of 79 meshes were currently threatened. Present technique of rapid ecoassessment was practically useful for diagnosing and planning land use.

**Key words** : Actual vegetation map, Disturbance nuclei district, Ecosystem management, Land use assessment, Map of anthropogenic disturbance potentiality, Vulnerable cell district.