

환경영향평가기법의 경관생태학적 접근방안*

정흥락¹⁾ · 홍선기²⁾ · 이현우¹⁾

¹⁾ 한국환경정책·평가연구원 · ²⁾ 국민대학교 산림과학연구소

Landscape Ecological Approaches to the Environmental Impact Assessment*

Choung Heung-Lak¹⁾ · Hong Sun-Kee²⁾ and Lee Hyun-Woo¹⁾

¹⁾ Korea Environment Institute, Seoul,

²⁾ Forest Science Institute, Kookmin University, Seoul.

ABSTRACT

Natural disturbance and environmental pressure on natural ecosystems are gradually increasing, and the cause is significantly related to large-scale environmental pollution, global warming, decreasing biodiversity and habitat fragmentation. Environmental impact assessment(EIA) in Korea has been focused on distribution and composition of fauna and flora as major evaluation aspects in ecosystem assessment. It is well known that those characteristics of flora and fauna strongly depend on characteristics and quality of habitat and ecosystem. However, there is no items to assess habitat and ecosystems of spatial ecological system in EIA. Many countries are trying to develop the EIA items to consider the spatial characteristics of habitat and ecosystem and those ecological dynamics as well as species level. In this stream, landscape ecology is emerging discipline to examine spatial pattern and ecological process within/between habitats and ecosystems. Landscape ecological analysis, as a special tool for ecosystem evaluation, has been appropriately adopted to the EIA system in the advanced countries. This review paper tries to introducing the possibilities of landscape ecological concept into the Korean EIA system.

Key Words : Natural ecosystem, Ecosystem assessment, Environment impact assessment, Habitat quality, Landscape ecology.

* 본 연구는 2003년도 한국환경정책·평가연구원의 기본연구과제의 지원에 의해 수행된 결과의 일부입니다.

I. 서론

경관생태학(Landscape ecology)은 자연생태계를 보전하고 훼손된 생태계를 복원하기 위한 환경평가 중 생태계를 정량화하여 올바른 환경계획 및 정책 수립에 반영시키는 새로운 생태환경이론이며 또한 연구방법론이다. 다양한 단위생태계들로 형성된 토지 모자이크(경관)에서 각 생태계간의 물리적, 생물학적 상호작용은 그 경관을 구성하는 생태계의 공간적 구조와 배치에 의하여 결정된다. 경관생태학적 연구는 숲 혹은 하천 등 단위생태계뿐 아니라 농촌, 산촌, 도시, 연안 등 인간시스템을 포함한 다양한 자연생태계가 모자이크처럼 연결된 환경의 공간적 평가와 계획을 포함한다(Forman and Collinge, 1995). 또한 생물서식지 및 생태계 보존, 국토 환경자원과 토지의 지속가능한 이용을 도모하며 자연과 인간이 공존할 수 있는 새로운 생태계의 창출을 위한 연구에도 관여하고 있다(홍과 김, 2002; 이, 2001; 김, 2003; 이 등, 2004). 이미 전 세계적으로 자연 환경에 미치는 인간의 활동이 자연생태계의 파괴 및 생물다양성의 변화에 영향을 주게 되면서 인간활동과 자연 교란이 연계된 경관시스템의 시·공간적 변화에 따른 생물서식지 단편화과정과 생태계 연결성 복원에 관한 연구가 여러 유형의 생태계를 대상으로 활발히 진행되고 있다. 또한, 경관생태학에 대한 이론적 연구는 최근에 부각되어 국제적으로도 많은 관심과 연구가 이루어지고 있으며, 특히 인간과 자연을 연결시켜준다는 측면과 토지변형이나 단편화에 따른 생태계의 역동성을 강조하여 환경보전과 계획 및 지속가능한 토지이용정책에 현실적인 대안을 제공함으로써 각광을 받고 있다. 따라서 기존의 순수생태학에 바탕을 둔 실용적이고 종합과학적인 경관생태학을 각종 개발사업의 환경영향평가에 적용시키는 필요성이 제기되고 있다(김지영 등, 2002; 홍, 2002).

본 연구의 목적은 현행 환경영향평가에서 동·식물상 항목의 보다 발전적인 평가방안으로서 최

근 부각되고 있는 경관생태학적 이론을 도입하기 위한 개념적 접근 방안을 제시하는데 있다. 본 연구는 우선, 경관생태학의 이론적 배경과 학문적 연구성과에 대한 기본적인 지식을 정리함으로써 동·식물상 분야의 환경영향평가에 적용할 수 있는 부분을 도출해 내는 방안을 제시하였다. 다음으로 기존의 환경영향평가에서 나타난 문제점을 분석하고, 경관생태학적 관점의 동·식물상 평가의 발전방안을 제시하였으며, 개발사업에서 생태계 평가의 중요성과 경관생태학적 평가방안의 개념적 접근을 결론에서 제시하였다.

II. 환경영향평가의 문제점과 개선의 필요성

현행 <환경영향평가서작성등에관한규정>(2004. 12. 31. 환경부고시 제2004-209호)에서는 평가항목별로 현황조사, 영향예측 및 평가, 저감방안, 사후환경영향조사를 상호연계하여 작성하도록 되어 있다. 동·식물상은 육상과 육수 동·식물상으로 구분하고 있으나 대상사업이 해양환경에도 영향을 미칠 것으로 예상되는 경우에는 해양 동·식물상도 추가하도록 되어 있다. 그러나 여기서는 경관생태학적인 개념의 토대가 주로 육상인 점을 고려하여 육상 및 육수 동·식물상에 대해서만 기술한다.

1. 현황조사

현재 현황조사 내용은 분류군별 생물상 목록, 식생, 녹지자연도, 노거수(보호수) 등이 대부분이다. 이 중에서도 생물상 목록은 조사지역 내에 출현한 모든 종을 생태계 유형이나 서식지 별로 구분하지 않고, 조사지역 전체에서 출현한 종을 하나의 목록으로 정리하고 있다. 문제는 이와 같은 목록이 실질적인 현황 파악, 영향예측, 저감대책의 수립 등에 그다지 도움을 주지 못한다는 것이다. 물론, 그 중 법적보호종 등 주요종의 추출은 가능하겠지만 이들 종이 구체적으로 어느 지점의 어떤 서식지에서 서식하고 있는지 알 수 없는 경

우가 많다.

이와 같은 문제점은 근본적으로 현황조사를 생태계 혹은 서식지 유형별로 구분하지 않고, 대부분 무작위적으로 실시하였기 때문에 발생된 것으로 보인다. 따라서 생활형 비율, 종다양성지수 등 조사결과의 분석내용도 실질적으로 사업지구의 특성을 파악하기 위한 정보생산에 별다른 도움을 주지 못하고 있다.

2. 영향예측 및 저감대책

사업시행으로 인한 영향예측과 저감대책은 현황조사에 토대를 두고 검토되어야 한다. 그러나 무작위적으로 이루어지는 현황조사의 결과는 영향예측이나 저감대책의 수립에 직접적인 정보를 제공하지 못하는 경우가 많다. 최근 영향예측이나 저감방안들에 대한 내용들이 예전에 비해 많은 부분에서 발전적이긴 하지만 현황조사와는 관계없이 일반적인 경우가 대부분이다. 즉, “현황조사 따로, 영향예측이나 저감방안 따로”라고 할 수 있다. 이와 같은 문제는 현행 동·식물상에 대한 현황조사가 생물종 중심으로 이루어지고 있기 때문에 서식지 중심으로 이루어지는 저감대책과는 무관한 경우도 있고, 실제로 생물종 조사의 의미를 제대로 인식하고 있지 못하기 때문이기도 하다. 생물종 조사는 해당지역의 생물상을 파악하여 기재(description)한다는데 의의가 있으며, 환경영향평가에서는 출현종의 생태적 특성에 따른 영향예측과 적절한 보전대책을 수립하기 위한 것이 중요한 목적이라 할 수 있다. 생물상 조사결과에서 주요종(법적보호종, 희귀종 등)의 존재여부를 파악하는 것은 특히 중요하다. 일반종이든 주요종이든 각각의 생물종은 특정서식지를 선호하므로 이들 서식지를 구분하여 보전대책을 수립하는 것은 동·식물상 분야의 환경영향평가에서 가장 핵심적인 부분이라 할 수 있다.

3. 녹지자연도의 한계와 보전논리

앞에서 살펴본 바와 같이 지금까지 환경영향

평가에서 동·식물상 항목은 단일생태계와 생물종 중심으로 이루어짐으로써 생태계의 중요한 기능이 간과되는 경우가 종종 있어 왔다. 특히, 식생의 인위성과 자연성을 등급화 한 녹지자연도는 정과 선(1982)이후 환경영향평가에서 중요한 잣대가 되어 많은 논란을 불러일으키기도 했고, 한편으로는 우리나라의 자연환경보전에 기여한 바도 크다. 그러나 녹지자연도 8등급이 존재한다는 이유로 오히려 보다 중요한 생태계의 핵심적인 기능이 훼손된다면 좀 더 심도 있는 검토가 필요할 것이다. 물론 자연성이 높은 식생은 우선적으로 보전되어야 하겠지만 그 이전에 해당 지역 전체의 경관(landscape)이나 생태계의 구조와 기능을 살펴보는 것이 더욱 중요하다. 또한, 경관요소의 공간적 배열을 고려한 평가와 개발사업이 진행되면서 인위적인 교란에 의한 경관의 변화예측이 필요하다. 이와 같은 측면에서 경관생태학적인 환경영향평가 기법의 개발은 필요불가결한 부분인 것으로 생각된다. 그러므로 각종 개발사업에 대한 환경적 대응의 논리성을 강화하기 위해서는 환경영향평가시 생물종을 포함한 생태계의 구조와 기능을 서식지 중심으로 검토할 수 있는 발전적인 방안의 필요성이 제기된다.

III. 경관생태학적 평가기법의 적용방안 검토

1. 경관생태학의 원리와 응용

1) 경관생태학의 원리

경관생태학은 일정한 척도규모에 걸쳐있는 공간유형과 생태학적 과정 사이의 상호작용, 즉, 공간유형의 이질성에 대한 원인과 결과를 강조한다(Turner 등, 2001). 특히, ①경관요소 혹은 생태계 사이의 공간적 관계, ②그 요소들 사이의 에너지, 영양물질 및 생물종의 흐름, ③시간적인 경과에 의한 경관모자이크의 생태학적 역동성을 고려하고 있다(Forman, 1983). 따라서 경관생태학은 경관의 구조, 기능과 그들의 변화를 고려하며, 이들 세 가지와 관련된 원리들을 연구하고, 그 결과를

응용한다(Forman and Godron, 1986).

(1) 구조(structure)

뚜렷한 차이가 있는 생태소공간의 공간적인 관계, 즉, 경관요소의 공간적 크기와 형상, 수, 종류, 방향, 대비, 구성요소들의 짜임과 관련된 에너지와 물질, 생물 그리고 유형의 정보분포상태를 말한다. 경관을 이루는 기본적인 단위는 경관요소이며, 바탕(matrix)과 패치(patch), 그리고 통로(corridor)로 분류된다.

(2) 기능(function)

공간적인 요소의 상호작용을 말하며, 경관요소 사이에서 일어나는 에너지와 물질, 생물종 그리고 정보의 흐름을 말한다.

(3) 변화(change)

시간에 따른 경관구조와 기능의 변화특성을 말한다. 생태계의 물질순환은 1차생산자인 식물이 태양광을 이용하여 대기 중의 CO₂를 고정시키면서 시작되지만 태양에너지에 의한 식생의 유형은 지역적인 차이를 나타낸다. 또한, 식생유형의 이질적인 구조는 인간을 비롯한 다른 동물들의 서식이나 행동양식에도 변화를 주게 된다. 이와 같은 경관요소의 구조적인 이질성은 그 속에서 서식하는 동물들의 정보교환에 대한 욕구를 자극하게 되고, 그러한 정보의 흐름은 경관요소의 변화에 영향을 미치게 된다(이, 2001). 결국 지구상에 끊임없이 공급되는 태양에너지는 경관의 이질적인 구조를 창조하게 되며, 구조는 흐름을 결정

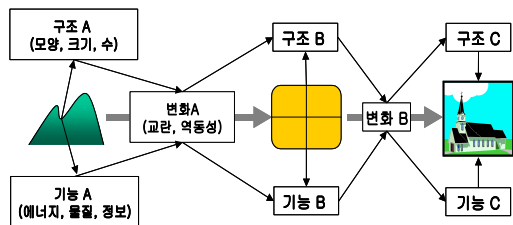


그림 1. 경관요소(생태계)의 구조와 기능 및 그 동태.

하고, 그 흐름은 다시 구조의 변화를 초래하게 된다(그림 1). 즉, 생태계의 기존 구조와 기능은 자연교란과 인간활동에 의하여 변화된다. 그림 1에서 화살표는 이러한 요소간의 시공간적 상호관계와 역동성을 의미한다.

2) 경관생태학적 원리의 응용 가능성

우리는 경관생태학의 구조와 기능, 그리고 변화에 대한 기본적인 원리는 환경영향평가에도 매우 유용하게 활용할 수 있게 된다. 즉, 지구상에 유입되는 태양에너지로부터 시작된 경관의 구조와 기능에 대한 변화는 매우 탄력적이므로 자연적인 교란은 물론 인위적인 영향에 대해서도 그 역동성을 이해할 수 있다는 것이다. 왜냐하면 이들 3가지의 특성은 서로 긴밀하게 관련되기 때문이다(그림 2). 경관 모자이크내에 존재하는 서로 다른 생태계의 구조와 기능, 그리고 역동적인 상호관계의 이해는 생태학의 총체적 접근 연구방법에서 출발한다.

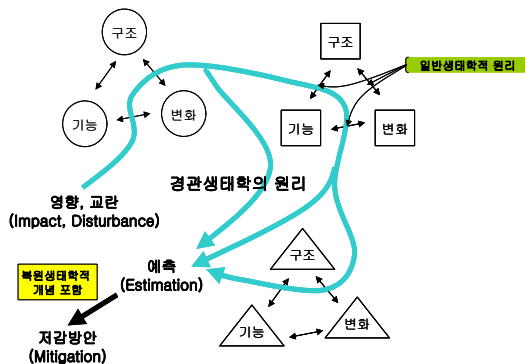


그림 2. 일반생태학과 경관생태학, 그리고 복원생태학 원리의 개념적 관계.

2. 환경영향평가기법에 활용 가능한 이론들

경관생태학에서 다루어지는 경관은 지질과 토양, 식생, 동물들에 의한 자연적인 요소뿐만 아니라 경작지, 주거지, 공장부지와 같은 인간활동의 결과를 포함한다. 공간적으로 경관은 수평방향으로 수 km²의 크기이며 (Forman, 1995), 이질적인

지형, 식생형태, 토지이용의 모자이크로서 이루어진다. 이와 같은 모자이크는 크게 ①지질적, 기후적인 과정, ②생물적 과정, ③자연교란(지진, 화재, 태풍 등), ④인위적인 교란(화전, 벌채, 농경, 건설 등)의 4단계에 걸친 종합적인 영향으로 나타나게 된다(Holling, 1992; Leser and Nagel, 1998; 노 등, 2000; 홍 등, 2004).

이 중 인위적인 교란은 짧은 시간에 많은 변화를 초래하게 되고 환경영향평가를 실시함으로써 그 영향을 최소화 하는 것이 필요하다. 경관 모자이크는 구조와 기능이 변화한 결과이므로 우리는 여기서 환경영향평가에 적용할 수 있는 몇 가지 경관생태학적 이론들을 찾을 수 있다.

1) 경관바탕의 역동성과 위계이론

전체 토지면적의 반 이상을 덮고 있는 부분이 경관바탕으로 이해되고 있으며, 두 가지 특징이 동등하게 나타나는 경우에는 연결성(connectivity)이 높은 부분이 경관바탕이 된다. 또한, 에너지와 물질, 생물종, 정보의 흐름에 가장 우세한 역할(역동성 통제력, control over dynamics)을 하는 경관요소가 바탕이 된다(Forman and Godron, 1986).

경관은 넓은 시공간적 규모에 걸쳐 작동하는 복합생태학적 시스템이며, 위계이론(Hierarchy theory)은 그와 같은 시스템들을 개념화하는 것이다(O'Neill 등, 1989). 인공적인 구조물을 경관의 바탕 위에 만들 때 우리는 이로 인하여 변화를 초래하게 되는 경관구조와 기능을 먼저 생각해야 한다. 또한, 경계가 상이한 위계수준에 따라 인공구조물의 경관요소가 바탕에 미치는 영향을 파악해야 한다. 그러나 경관바탕은 상대적인 면적, 연결성, 경관 통제력의 우세성에 따라 시간이 지나면서 달라질 수 있다(이, 2001). 예를 들어 넓은 숲이 대부분 농경지로 바뀔 경우 경관바탕은 농경지가 되며, 이러한 농경지의 대부분이 주택단지로 바뀌면 경관바탕은 주택단지가 된다.

사업시행으로 인하여 기존의 경관바탕이 통로

에 의해 패치화(patchiness)되면, 내부 서식처는 급격하게 줄어들고 가장자리 서식처는 급증하게 된다. 만약 그로 인하여 전체바탕의 25%가 통로, 75%가 바탕을 구성하게 될 경우 내부 서식처는 거의 없어지고 가장자리 종에 의해 경관은 장악된다(Forman, 1995). 환경영향평가에서는 영향이 예상되는 각각의 생물종에 대한 변화를 예측하고, 저감대책을 수립하여야 할 것이다. 그리고, 하위수준의 변화가 상위수준의 어느 정도에 까지 영향을 미치는지도 예측할 필요가 있다. 예를 들어 삼림을 벌채하고 위락단지를 조성할 경우 그 면적이 해당 경관 바탕에서 차지하는 면적 비율과 인접한 삼림지대와의 연결성 확보 가능성을 평가함으로써 그 사업의 입지 타당성을 검토하고 저감방안을 수립하는데 중요한 정보를 주게 된다.

2) 경관패치의 다양성과 측정지수

건설사업을 비롯한 각종 인위적인 교란은 경관바탕의 패치화를 가중시키게 된다. 경관패치의 모양과 크기, 수는 지형적인 특성이나 인위적인 교란의 종류에 따라 다양할 수 있다. 경관생태학에서는 경관패치의 특성을 결정짓는 4가지 속성은 신장, 굴곡, 내부, 둘레로 보고 있으며, 이들은 비교적 용이하게 측정될 수 있다는 장점이 있다(Forman, 1995). 이와 같은 속성을 이용한 다양한 연구 결과들이 나왔다. 대표적인 예로는 둘레/면적이 최소인 둥근형의 패치는 에너지, 물질, 생명체 등의 자원을 보호하는데 효과적이며, 그 값이 최대인 굴곡형은 외부와 에너지, 물질, 생명체의 상호작용을 증가시키는데 효과적이다. 이와 같은 이론은 경우에 따라 패치의 변형(둥근형→굴곡형, 굴곡형→둥근형)을 통한 저감대책의 수립을 생각할 수 있다(그림 3). 저감방안의 수립을 위한 유형의 결정은 해당지역의 입지와 어떤 생물종이 서식하는지를 고려해야 한다.

일반적으로 여러 개의 패치보다는 적은 수의 큰 패치가 개체군을 유지하는데 유리하지만, 작

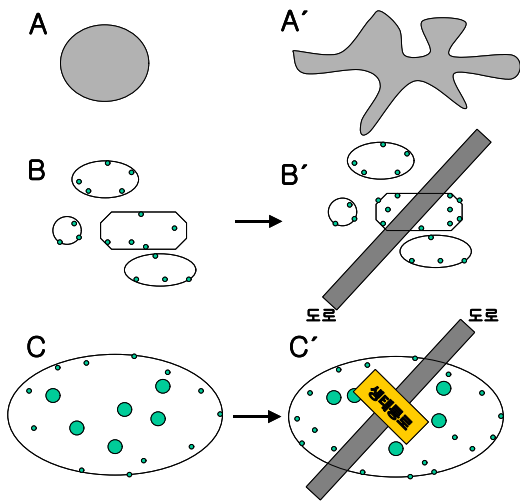


그림 3. 다양한 경관패치와 저감방안을 위한 생태통로 설치사례.

은 패치를 선호하는 생물종도 있다(Harrison and Fahrig, 1995). 이와 같은 연구결과는 환경영향평가에서 특히 적용할 만한 부분이다. 즉, 경관패치의 특성에 대한 이해는 사업시행으로 인하여 해당지역에 서식하는 생물종에 미치는 영향예측과 저감방안의 수립에 도움이 될 것이다. 그림 3에서 보는 바와 같이 면적-가장자리 비율이 다른 원형(A)과 아메바형(A')의 패치는 서로 다른 서식지 패턴을 보여주고 있으며, 가장자리종(●)과 내부종(●)들의 서식지 정보는 환경영향평가를 통하여 생태통로를 수립하는데 매우 중요한 항목이다. 즉, 어느 경우나 생태통로가 만들어지면 좋겠지만, 그 우선순위를 결정하는데 있어서는 서식지 형태나 서식하고 있는 종들의 유형에 대한 정보가 중요한 역할을 한다. B와 B'의 경우는 생태통로의 설치 우선순위에서 밀리게 된다. C와 C'는 반드시 생태통로를 설치할 필요가 있는 경우가 된다.

3) 통로의 종류와 주요기능

하천이나 산능선, 동물이동로와 같은 선형요소는 자연통로이고, 전선이나 송유관, 가스관, 돌담, 생활타리, 도랑, 등산로, 고속도로, 철로와 같은

선형의 경관요소는 인공통로에 해당된다. 그러나 일반적으로 자연통로는 곡선이고 연속적인 경향이 있는 반면, 인공통로는 직선이며 곳곳에 빈틈이 많이 있다(Forman and Godron, 1986).

이와 같은 통로의 주요 기능은 서식처, 도관, 장벽, 여과대, 공급원, 수용처라는 6가지의 기본적인 기능을 가지고 있다(Rosenberg 등, 1997; 홍과 김, 2002). 특히, 하천의 유로와 하천을 따라 형성된 식생대는 각종 동물의 서식처로서의 기능뿐만 아니라 이동통로로서의 기능을 가지고 있다. 이외에도 도심의 생활타리, 가로수 등은 이를 이용하는 생물들에게는 중요한 서식지와 이동통로로서의 기능을 제공하게 된다. 물론 도로와 블록담은 대부분 동물이동의 장벽이 되기도 하며, 도로 성토면의 녹지는 생물전파의 도관 기능을 할 수도 있다. 통로의 기능에 대한 이해는 환경영향평가에서 동물의 이동에 대한 예측과 저감대책 수립에 필요한 정보를 제공한다.

4) 경계와 가장자리의 기능

경계와 가장자리 역시 통로와 마찬가지로 서식처, 여과, 장벽, 도관, 공급원, 소멸처의 몇 가지 기본적인 기능을 갖는다(Forman, 1995). 가장자리에서는 교란요인에 잘 견디는 비특화종(generalist)들이 많이 살고 있지만 종풍부도와 밀도가 높고, 종의 진화에 있어서도 중요한 역할을 수행한다. 또한, 숲 가장자리는 농부들에게는 성가신 짐승과 해충 그리고 잡초의 공급원이 되지만 생물다양성 보존 측면에서 긍정적인 장소가 된다(이, 2001).

각종 개발사업의 계획단계에서 종종 가장자리에 대한 이해의 부족은 중요한 생물서식공간의 훼손을 초래하게 된다. 예를 들어 삼림이 인접한 지역에 아파트 단지를 조성할 경우 숲의 가장자리를 유지하면서 계획을 수립하는 것은 그것을 훼손하는 것 보다 훨씬 환경친화적인 계획수립이 될 것이다. 그림 4는 그 대표적인 예를 모식화 한 것으로서 아파트 단지나 각종 산업단지 조성시

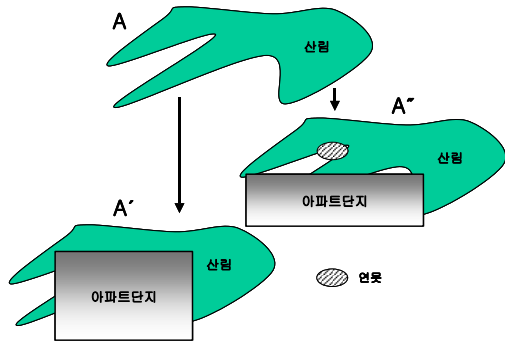


그림 4. 주거단지(아파트 등)나 각종 산업시설(공단 등) 건설시 생물서식공간의 보전방안.

A"와 같이 인접한 산림의 가장자리를 일부 남겨 두고, 움푹 들어간 곳이나 계곡부에 조그만 연못 같은 인공습지를 만들어 줌으로써 이곳을 이용하는 동물들에게 좋은 서식장소를 제공하게 된다. 만약, 그림 4에서 A"와 같이 가장자리를 남겨두지 않을 경우 삼림의 가장자리(임연부)를 선호하는 각종 생물들의 서식공간이 사라질 뿐 아니라 이곳 가장자리의 논이나 연못 등의 습지를 이용하면서 삼림 내부에 서식하고 있던 동물들에게도 영향을 미치게 될 것이다.

IV. 동·식물상 항목의 경관생태학적 평가기법 제안

1. 현황조사

현황조사는 먼저 사업특성이나 지역에 따라 어떤 형태로 실시할 것인가를 생각해야 한다. 도로사업의 경우는 동물이동이나 생태축의 단절, 골프장건설 사업은 농약사용으로 수계에 미치는 영향, 댐건설은 하천생태계에 미치는 영향 등을 각각 고려해야 할 것이다. 또한, 철새도래지에서 이루어지는 사업은 무엇보다도 조류에 미치는 영향을 집중적으로 분석하여야 한다. 이와 같이 미리 사업의 특성이나 사업지역에 따라 현황조사 내용을 달리함으로써 영향예측이나 저감방안을 효과적으로 수립할 수 있을 뿐만 아니라 시간과 예산을 효율적으로 분배할 수가 있다. 이것은 일종의 현황조사를 위한 스코핑(scoping) 단계로 보

아도 된다.

또한, 현황조사는 생태계유형별 혹은 서식지 중심으로 이루어져야 한다(Aguiló and Iglesias, 1995). 이를 위해서는 사업지구에 대한 생태계 유형구분과 서식지 유형을 1차적으로 분석하여야 한다. 생태계의 유형은 대분류와 중·소분류로 나눌 수 있으며, 소분류는 대개 서식지로 구분된다. 대분류의 경우는 육상생태계와 담수생태계로 크게 나눌 수 있고, 중분류는 삼림생태계, 하천생태계, 호소생태계, 농경지생태계, 도시생태계 등이다. 생물서식지로 구분되는 소분류는 연못, 저수지, 하천, 계곡, 삼림, 논, 밭, 임연, 습지 등이며, 생물 분류군에 따라 필요한 경우는 미소서식지(소, 여울, 암벽 등)를 구분할 수도 있다(김지영 등, 2002). 생태계 유형의 구분이나 서식지를 파악하기 위해서는 지형도, 위성사진, 항공사진, 토지피복도, 국토환경지도 등 각종 공간자료를 활용하는 것이 많은 도움이 된다. 현황조사 결과는 생태계 혹은 서식지 별로 제시되어야 한다.

2. 생물서식공간의 구분

서식지를 구분하는 방법을 객관적으로 제시하기는 매우 어렵다. 왜냐하면, 지역이나 중심종(keystone species)에 따라 많은 차이가 있고, 각 서식지에 대한 중요도를 평가하는 것은 상대적인 것이 될 수도 있기 때문이다. 하천에서의 주요 생물서식공간은 하천습지가 발달해 있거나 삼림과 인접한 후미진 곳 등 다양한 조류가 서식하는 지역을 일차적으로 생각할 수 있다. 그러나 다양한 어류가 서식하는 지역을 중심으로 생각할 수도 있으므로 처음부터 생물서식공간을 구분하기는 쉽지 않다(정, 2004). 따라서 전체 생물상을 일차적으로 조사한 후에 그 결과를 분석함으로써 주요 생물서식공간을 구분하는 것도 한 방법이 될 수 있다.

보호 및 계획을 위한 동물서식지의 구분은 다음과 같이 3개 범주로 나누어 생각할 수 있다.

즉, ① 넓은 면적을 가지며 균일성이 높은 대면적의 생태계(예 : 초원, 삼림, 경작지, 넓은 호수 등), ② 특정한 종류의 대면적 생태계와 매우 근접하여 있거나(예 : 수역과 인접한 갈대군락) 다양한 대면적의 생태계 내부에 섬 형태로 분포하는 소면적(예 : 습지나 연못, 절개지 등) 또는 점상(예 : 새의 둥지)의 서식공간, ③ 가늘고 긴 선상의 형태를 가진 서식지(예 : 가장자리, 산울타리, 시냇물 등)이다(이와 윤, 1999).

3. 조사결과의 분석, 영향예측, 저감방안 수립

일차적으로 구분된 생태계유형과 각 서식지에 따라 현지조사는 별도로 이루어져야 하며, 이를 토대로 생태계간이나 서식지간의 조사내용이 비교·분석되어야 한다. 조사자료의 비교·분석 결과는 조사지역내의 생태계 유형이나 서식지별로 보전우선순위를 정할 수 있는 중요한 정보가 된다. 또한, 사업시행으로 인한 영향예측과 저감대책은 이러한 정보를 토대로 이루어져야 한다.

도로나 댐건설 등은 생태계의 연결성에 대한 충분한 분석이 이루어져야 한다. 특히, 도로사업은 많은 유형의 생태계(또는 서식지)를 반복해서 훼손하며 통과함으로써 생태계에 미치는 영향이 매우 크다. 이런 경우, 단일생태계의 단절구간, 서로 다른 생태계의 단절구간을 각각 파악하고, 단절구간별로 연결성 확보방안을 구체적으로 수립해야 한다. 생태계 단절에 대한 연결성 확보방안은 현황조사 결과와 지형적인 여건 등이 고려되어야 한다.

생태계나 서식지의 연결성 확보는 생태계의 기능을 최소한으로 유지하기 위한 방안이며, 이것으로 모든 것이 해결되는 것은 아니다. 가급적 생태계의 기능이 크게 훼손되지 않는 쪽으로 사업이 계획되어야 하며, 현황조사 결과를 바탕으로 보다 보전가치가 높은 유형의 서식지나 생태계의 훼손을 우선적으로 저감할 수 있는 방안으로 사업시행이 이루어져야 한다.

4. 경관수준의 생태네트워크 구축 방안

경관생태학적인 개념은 개발사업의 입지선정 단계에서도 매우 유용한 정보를 제공하게 된다. 토지이용의 구상은 입지선정단계에서부터 시작되어야 하며, 이때 경관생태네트워크의 구상은 입지의 적합성 판단과 함께 가장 근본적인 저감대책의 수립으로 연결된다. 경관생태네트워크의 구상은 먼저, 사업대상지구의 자연환경과 사회환경을 파악하고, 대상지구 내의 비오톱과 생물의 만남에 대한 구체적인 공간형성의 장을 검토한다. 네트워크의 계획은 식생, 농경지, 하천, 습지 등 모든 경관요소를 대상으로 하며, 그것들을 서로 연결하는 생태 인프라의 구축이다(이와 홍, 2002). 경관생태네트워크의 골격을 구성하는 요소는 사업지역이나 성격에 따라 적절히 정해질 수 있다. 우선 핵심생태지역을 설정하고 인접한 거점생태지역과 연결생태지역을 설정한 후 이들 각 생태지역들이 네트워크를 형성할 수 있도록 해야 한다. 물론 이와 같은 결과를 도출해내기 위해서는 생물조사 자료뿐만 아니라 물, 공기, 토양, 빛, 지질, 지형 등 다양한 물리적인 인자를 고려해야 하나 이 모든 내용을 다루는 것은 여러 가지 한계가 있으므로 여기서는 물 흐름과 생물 서식공간 자료를 토대로 구축된 경관생태네트워크 사례(정 등, 2003)를 제시하였다(그림 5). 사례 지역은 충청북도 지역의 오송생명과학단지 개발사업으로서 2002년도에 평가협약이 완료되었다.

핵심생태지역은 사업지역에 인접하여 비교적 생태계와 풍부한 생물종 자원을 유지하고 있는 지역으로서 큰 숲 패치(동림산)와 수공간(돌다리 못, 미호천)이 이에 해당된다. 즉, 태양에너지의 상당부분을 유기물로 축적하고, 수원이 확보되어 있어 에너지흐름과 물질순환이 원활하게 이루어질 수 있는 입지적 여건을 갖추고 있다. 이와 같은 지역은 생물자연지구로서 다양한 동·식물의 영속적인 거처를 보증하고, 지역 전체의 종공급원 역할을 한다.

거점생태지역은 사업지구내 소규모 생물서식

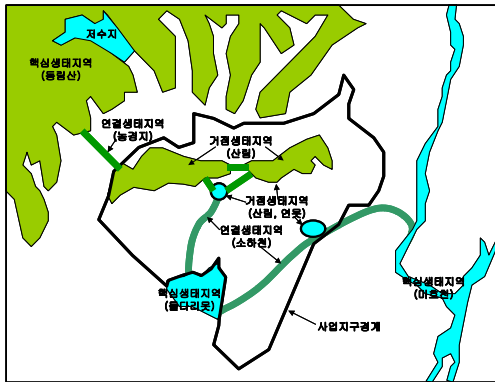


그림 5. 물흐름과 생물서식공간의 경관생태네트워크 (오송생명과학단지).

공간으로서 보존녹지지역(산림)과 연못을 포함하며, 핵심지역의 생물들이 먹이자원을 확보하거나 유전적 다양성을 유지하는데 필요한 지역이다. 거점생태지역은 사업지역 내에서도 동·식물종의 분포영역을 확대시키고, 자연환경을 재생, 창출하며, 친근한 비오툰으로서의 기능을 충실히 강화시킨다.

연결생태지역은 핵심지역과 거점지역을 적절히 연결시킬 수 있는 지역으로서 하천이나 녹지축 등이 이에 해당된다. 이 지역은 거점 및 핵심생태지역에 서식하는 생물종이나 그 유전자의 상호 교류를 도모하는 작용을 한다. 또한, 사업지역 내의 자연환경에 대한 생태적 기능을 향상시키기 위해 생물의 이동공간을 확보하고 서식지간 종의 이동을 보장하는 것이 중요하다.

5. 경관생태학적 평가방안의 요약 및 기존 평가방안과의 차이점

이상의 내용과 같이 현행 환경영향평가에서 동·식물상 평가는 경관생태학적 개념을 적극 도입하여 더욱 발전적인 개선방안을 제시하고자 한다. 이를 요약 정리하면 다음과 같다(그림 6). 먼저 현황조사는 전체적인 생물상과 함께 서식지 중심으로 이루어져야 한다. 이를 위해서는 사업지역내에서 생물서식공간에 대한 구분작업이 선행되어야 하며, 구분된 각 생물서식지 별로 생물

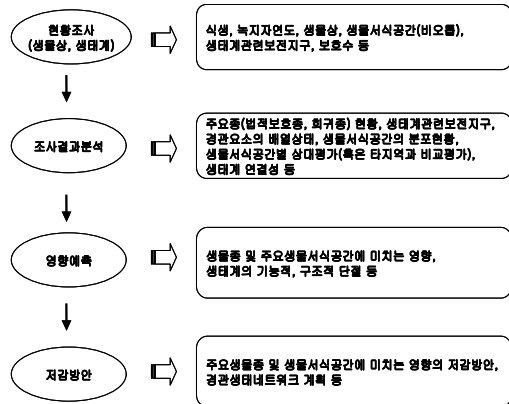


그림 6. 경관생태학적 원리를 도입한 새로운 동·식물 평가전략.

상을 파악하여야 한다.

다음으로 조사결과와 분석은 개개의 생물서식지와 생태계의 전반적인 연결성을 파악하고, 각 생물서식지 별로 생물상 조사 자료를 토대로 그 중요도를 평가하여야 한다. 생물서식공간에 대한 중요도의 평가는 해당지역 내에서 상대평가를 할 수도 있고, 타 지역과의 비교평가도 필요할 것이다. 사업시행에 따른 영향예측은 주요생물서식지의 직·간접적인 훼손과 서식지간 단절의 정도를 파악하여야 한다. 끝으로, 이와 같은 평가기법에 의한 저감대책의 수립은 결국 경관생태네트워크의 구축으로 귀결된다. 생물종에 대한 보전대책은 결국 그들의 서식지나 생태계의 구조와 기능을 보전하는 것이기 때문이다.

기존의 동·식물상 평가방안과 경관생태학적 평가방안의 가장 큰 차이점은 생물종 중심에서 생태계나 서식지 중심으로 평가하는 것이다(표 1). 기존의 평가에서는 사업지역 전체에서 하나의 생물상 목록만이 만들어짐으로써 구체적인 생물서식지의 파악이 어려웠으며, 현황조사 자료가 저감대책의 수립과 직접적으로 연결되는 경우가 많지 않았다. 현황 조사시 생물서식공간의 구분은 매우 중요한 작업으로 받아들여진다. 결국 구체적인 사업계획 및 저감대책의 수립은 생물서식공간(비오툰 혹은 경관요소)의 배열상태와 이들

표 1. 기존의 환경영향평가(EIA)와 경관생태적평가의 비교(LEA).

구 분	EIA	LEA
현황조사	· 전체 생물상 조사	· 생물서식공간(혹은 서식지, 경관모자이크)을 구분하여 생물상 조사
영향예측	· 외래종 유입, 식생훼손, 토사유출, 소음, 진동, 비산먼지, 불빛, 생태축 단절 등	· 생물서식공간(혹은 서식지)의 질적인 특성과 배경이 되는 항목을 별도로 구체적으로 분석하여 영향을 예측
저감방안	· 녹화방안, 수목이식, 소음·진동·비산먼지 최소화, 생태통로 확보 등	· 경관생태네트워크 모델에 입각한 생물서식공간의 연결성 구축, 서식지 배경이 되는 물리적 환경의 연결성 구축
장·단점	· 법적보호종이나 희귀종이 없을 경우 생물서식공간이 훼손이나 생태계의 기능적인 단절 우려	· 법적보호종이나 희귀종이 없더라도 주요생물서식공간의 보전 및 생태계의 기능적인 단절 최소화, 생물종의 행동 및 생리적 특성 반영

생물서식공간의 보전우선순위, 연결성의 확보방안에 따라서 이루어지게 되기 때문이다. 이는 기존의 평가방안을 완전히 배제한 상태에서 처음부터 새롭게 시도하는 것이 아니고, 기존의 평가방안을 대부분 수용하면서 생물종 혹은 단일생태계로부터 경관단위로 인식을 전환하여 접근하는 것이다. 대부분의 개발사업 대상지역이 단일생태계가 아니라 다양한 생태계를 포함하거나 인접하여 연결되어 있고, 인위적인 요소가 함께 작용하므로 경관생태학적 평가방안은 매우 적절한 것으로 생각된다.

V. 결 론

개발사업시 동·식물상 분야에 대한 환경영향평가의 근본적인 목적은 생물다양성의 보전이다. 생물다양성은 어떤 주어진 집합에서 생태계, 종, 유전자의 수와 빈도를 포함하는 자연의 종류에 대한 포괄적인 단어이다(McNeely, 1988). 그러므로 환경영향평가에서 검토되어야 할 부분은 생물종에서부터 생태계에 이르기까지 다양한 측면이 고려되어야 한다. 개발이 시행되는 지역에서 각 분류군 별로 생물종 목록을 만드는 것은 무엇보다도 우선되어야 하고, 각 목록에서 보호되어야

할 생물종을 찾아야 한다. 그리고 이제 동·식물상에 대한 평가는 생태계 구조와 기능을 중심으로 이루어져야 한다. 즉, 토지이용(개발사업)에서 우리가 생각해야 할 부분은 생물종의 보전이므로 그들의 서식지나 생태계가 우선적으로 보전되어야 하는 것은 당연하다. 이와 같은 측면에서 사업예정지 일원에 대한 경관시스템적인 이해의 수준을 높이는 것은 매우 중요하다. 인간은 경관시스템내에서 자연자원을 이용하며 생활을 영위하여 왔으며, 자연에 순응하는 경관요소의 적절한 배치는 자연으로부터 올 수 있는 재앙을 미리 예방하는 것임을 잘 알고 있다. 모든 생물종은 특정서식지나 생태계가 기능적으로 문제가 없을 때 생존이 가능하다. 생물서식공간이나 생태계의 구조와 기능에 대한 평가는 내적인 요소와 외적인 요소를 동시에 고려해야 하며, 그것은 경관생태학적인 기법을 통하여 정량적 해석이 가능하다(Turner 등, 1991; Martinez-Falero and Gonzalez-Alonso, 1995). 따라서 경관생태학적인 관점에서 환경영향평가는 기존의 평가방안과 비교할 때 생물종의 이동과 분포, 경관을 구성하는 경관요소의 구조와 유형, 배치를 모두 고려함으로써 개발사업으로 인한 문제점을 최소화시킬 수 있는 보다 발전된 평가기법으로 받아들여진다.

본 연구를 통하여 경관생태학적 원리의 활용은 개발사업으로 인하여 동물, 식물 및 생태계 등에 미칠 수 있는 영향을 보다 합리적으로 저감시킬 수 있는 방안들을 찾을 수 있는 것으로 나타났다. 기존에 생물종 중심으로만 영향예측이나 저감방안을 수립하던 것을 생물서식공간이라고 하는 개념을 도입하게 됨으로써 생태계의 기능과 구조를 고려한 실질적인 저감방안을 도출할 수 있는 가능성을 제시하였다. 생물종 중심의 저감방안은 결국 그들의 서식공간을 보전해야 하므로 이와 같은 개념적 도입은 지역생태계에서 경관생태네트워크라고 하는 궁극적인 저감방안을 가능하게 함으로써 개발과 보전이라고 하는 지속가능한 발전에도 부합하게 된다. 또한, 환경영향평가의 목적이 사업시행으로 인하여 인간을 포함한 각종 생물이 서식하는 생태계에 미치는 영향을 예측하고, 이에 대한 저감방안을 수립하는 것이라고 볼 때 경관생태학적 원리는 토지이용은 물론 수질, 대기, 폐기물, 토양, 지형, 지질, 교통, 인구, 주거, 문화재 등 환경영향평가의 전반적인 부분에 적용할 수 있으며, 이에 대한 광범위하고 지속적인 연구가 있어야 할 것이다.

VI. 정책제안

본 연구에서 제시된 핵심적인 사항은 기존에 생물종 중심의 환경영향평가를 탈피하여 생물종을 포함한 지역생태계의 전체적인 공간구조의 파악과 주요 생물서식공간에 대한 구분과 평가가 필요하며, 저감방안으로서 경관생태네트워크를 구축하는 것이 합리적임을 제시하였다. 이와 같은 평가기법의 접근 방안은 경관생태학적인 환경영향평가기법의 적용으로서 가능하며, 환경영향평가 지침에서는 다음과 같은 경관생태학적 평가방안을 시행할 수 있도록 제안한다(Selman, 2000). 즉, ① 지역생태계의 공간적 구조의 현황 파악, ② 주요 생물서식공간을 구분하고 현황조사, 영향예측, 저감방안 수립, ③ 경관생태네트

크의 구축 등이다. 그리고, 토지를 이용한 모든 개발사업은 경관생태학적 토지이용계획 수립을 의무화할 수 있도록 하는 정책적 검토를 제안한다.

또한, 향후 전략환경평가(Strategic Environmental Assessment, SEA)가 시행되기 위해서는 가이드라인과 기법의 개발이 필수적이며, 생물종은 물론 서식지 중심의 개념적 접근이 가능한 경관생태학적 평가기법이 유용하게 적용될 수 있다. 그러나 아직 경관생태학적인 환경영향평가기법에 대한 구체적인 적용을 위해서는 ① 생물서식공간의 유형구분과 분석기법(Turner 등, 2001), ② 생물종 및 생물서식공간의 보전우선순위, ③ 경관요소의 분석 기법(Martinez-Falero and Gonzalez-Alonso, 1995), ④ 지역생태네트워크의 구축 방안 등에 대한 지속적인 연구가 있어야 한다. 이와 같은 경관생태학적인 환경영향평가 기법에 관한 연구의 성과는 보다 발전된 생태계 평가의 질을 높이며, 생태적 본질과 인간의 기본적 요구조건이 세대를 걸쳐 효과적으로 충족될 수 있는 토지이용 설계에 중요한 정보를 제공하게 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 한국환경정책·평가연구원의 2003년도 기본연구과제의 지원에 의해 수행된 결과를 재정리하였으며, 본 연구의 수행 과정에서 도움을 주신 한국환경정책·평가연구원의 권영한 박사님, 노태호 박사님, 유현석 박사님, 박소현 선생님께 감사의 말씀을 드립니다. 또한, 자문위원으로 참여하여 주신 서울대학교 이도원 교수님, 고려대학교 손요환 교수님, 건국대학교 배병호 교수님, 환경부 정종선 사무관, 서울시정개발연구원 송인주 박사님께도 감사의 말씀을 드립니다.

인용문헌

김명수. 2003. 환경복원에서 복원생태학, 경관생

- 대학, 보전생물학의 역할. 한국환경복원녹화기술학회지 6 : 17-23.
- 노태호 · 홍선기 · 강대석 · 권오석. 2000. 생태학 : 인간과 자연. 아카데미출판사.
- 이도원. 2001. 경관생태학 : 환경계획과 설계, 관리를 위한 공간생리. 서울대학교 출판부. 349p.
- 이동근 · 김명수 · 구분학 · 김경훈 · 김동성 · 나정화 · 윤소원 · 이명우 · 전성우 · 정홍락 · 조경두 · 제종길 · 홍선기. 2004. 경관생태학. 보문당. 518p.
- 이동근 · 윤소원. 1999. 비오토프의 이해. 도서출판 대운. 서울. 139p.
- 이승은 · 홍선기. 2002. 도시의 생태네트워크 계획. 시그마프레스.
- 정영호 · 선병윤. 1982. 시설개발예정지의 녹지자연도에 관한 연구. 자연보존연구보고서 4 : 155-182.
- 정홍락 · 이현우 · 유현석 · 권영한 · 노태호 · 박소현. 2003. 경관생태학적 환경영향평가 기법에 관한 연구. 한국환경정책 · 평가연구원 연구보고서. RE-23. 106p.
- 정홍락. 2004. 하천의 보전과 복원. 홍선기 등(저) "생태복원공학-증보판"에서, 라이프사이언스, 서울.
- 김지영 · 강영현 · 권영한 · 김시현 · 노태호 · 맹준호 · 박영민 · 송영일 · 유현석 · 이수재 · 이영수 · 이영준 · 이현우 · 전인수 · 정홍락 · 조광우 · 조승현 · 주현수 · 최상기 · 최재용 · 최준규 · 주용준 · 박영재 · 박준철 · 서성철 · 이정현 · 채민정. 2002. 환경영향의 합리적 예측평가를 위한 기법 연구. 한국환경정책 · 평가연구원 연구보고서. 544p.
- 홍선기 · 강호정 · 김은식 · 김재근 · 김창희 · 이은주 · 이재천 · 이점숙 · 임병선 · 정연숙 · 정홍락. 2004. 생태복원공학(증보판). 라이프사이언스, 서울.
- 홍선기 · 김동엽. 2002. 토지모자이크 : 지역 및 경관생태학. 성균관대학교 출판부. 681p.
- 홍선기 · 임영득 · 中越信和 · 장남기. 2000. 한국농산촌 경관의 구조와 이질성 및 다양성의 최근 변화 : 경관의 보전과 복원과의 관계, 한국생태학회지 23 : 359-368.
- 홍선기. 2002. 환경영향평가에서 경관생태학의 필요성과 국제경관생태연합(IALE)의 활동. 자연보존지 120 : 32-38.
- Aguiló, M. and Iglesias, E. 1995. Landscape Inventory(In Martínez-Falero, E. and González-Alonso, S. eds. "Quantitative Techniques in Landscape Planning"). LEWIS Publications, Boca Raton, Florida. pp. 47-85.
- Forman, R. T. T. 1983. An ecology of the landscape. BioScience 33 : 535.
- Forman, R. T. T. 1995. Land Mosaics : The Ecology of Landscape and Regions. Cambridge, UK : Cambridge University Press.
- Forman, R. T. T. and Collinge, S. K. 1995. The 'spatial solution' to conserving biodiversity in landscapes and regions (In DeGraaf, R.M. and R.I. Miller, eds. "Conservation of Faunal Diversity in Forested Landscapes"). Chapman & Hall, London, UK.
- Forman, R. T. T. and Godron, M. 1986. Landscape Ecology. John Wiley, New York.
- Harrison, S. and Fahrig, L. 1995. Landscape pattern and population conservation(In Hansson, L., L. Fahrig and G. Merriam, eds. "Mosaic Landscapes and Ecological Processes"). Chapman & Hall. London, UK. pp. 293-308.
- Holling, C. S. 1992. Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. Ecological Monograph 62 : 447-502.
- Leser, H and P. Nagel. 1998. Landscape diversity : a holistic approach.(In Barthlott, W. and M. Winiger, eds. "Biodiversity : A Challenge for Development Research and Policy").

- Springer-Verlag. New York, NY. pp. 129-143.
- Martínez-Falero, E. and González-Alonso, S. 1995. Quantitative Techniques in Landscape Planning. LEWIS Publications, Boca Raton, Florida. 274p.
- McNeely, J. A. 1988. Economics and biological diversity; developing and using economic incentives to conserve biological resources. IUCN, Gland.
- O'Neill, R. V., Johnson, A. R. and King, A. W. 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. Landscape Ecology 3 : 193-205.
- Rosenberg, D. Noon, K. and Meslow, E.C. 1997. Biological corridors : form, function, and efficacy. BioScience 47 : 677-687.
- Selman, P. 2000. Environmental Planning. SAGE Publications, London. 308p.
- Turner, M. G. and Gardner, R. H., eds. 1991. Quantitative Methods in Landscape Ecology : The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. Springer-Verlag. New York.
- Turner, M. G., Gardner, R. H. and O'Neill, R. V. 2001. Landscape ecology in Theory and Practice : Pattern and Process. Springer-Verlag, New York. 401p.

接受 2005年 4月 1日