

연구논문

수도권 개발제한구역의 경관생태학적 가치평가

오규식 · 박지혜 · 이동우

한양대학교 도시공학과

(2011년 10월 4일 접수, 2011년 11월 27일 승인)

An Assessment of Landscape Ecological Value of Greenbelt Areas in the Seoul Metropolitan Area

Kyushik Oh · Jihye Park · Dongwoo Lee

Department of Urban Planning, Hanyang University

(Manuscript received 4 October 2011; accepted 27 November 2011)

Abstract

Development restriction areas (greenbelt areas) of Korea were recognized in 1970 as a means to control urban sprawl and conserve the natural environment. Although there have been some achievements, for a long time many planners and residents have requested a redefining of the green belt due to individual property rights restrictions and urban management problems. In fact, a lot of the greenbelt area is being destroyed by urban development. Therefore, conservation of ecological spaces in the green belt is needed to maintain urban naturalness. In this regard, this study suggests efficient methods to manage the greenbelt through the adoption of a landscape ecological value assessment.

The greenbelt of the Seoul Metropolitan Area (SMA) is represented as the case study because there has been mounting pressure to develop the area in Korea. In this study, the assessment of the landscape ecology in the greenbelt area focuses on landscape structure and function. The assessment consists of the following steps: First, patches were derived by NDVI analysis using landsat remote sensing data. Second, characteristics of the patches were quantified by analyzing the landscape structure, such as patch size and shape index. Lastly, the gravity model and least cost path analysis to assess connectivity were applied to evaluate the landscape function in the green belt areas.

The assessment result showed that 48.45% of green belt area should be conserved to maintain ecological stability and function. Moreover, major ecological networks were identified near the large patches in the northern and southern areas. However, relative low ecological values were

identified in the western part of the green belt area due to the lack of green spaces. Furthermore, some development plans in the green belt were also identified near the conservation area. Based on these results, the restoration needed areas to enhance ecological value in green belt were displayed.

This study suggests efficient management of the greenbelt area, which is disappearing as a result of urban development. The area for conservation chosen in this study should be managed carefully in urban planning. Finally, the results of this study can be used in green belt policies and plans for the promotion of ecological naturalness and stability.

Keywords : Landscape Ecology, Greenbelt, Landscape Structure, Connectivity Assessment, GIS

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 개발제한구역제도는 성장관리정책의 일환으로 도시의 평면적인 확산을 방지하고 도시의 경관을 정비하며 환경을 보전하기 위해 도입되었다. 개발제한구역은 구역 내의 사유재산권 문제, 신도시로의 이동거리 증가와 이에 따른 환경오염 유발 등 다양한 사회적 이슈와 함께 도입 본연의 성과를 달성하였는지에 대한 논란이 끊임없이 제기되었다. 이에 1998년, ‘개발제한구역 제도개선협의회’ 발족을 시작으로 10여년에 걸친 조정작업에 의해 해제지역을 선정하고 이에 대한 관리계획이 수립되어 집행되기 시작하였다.

그러나 개발제한구역의 제도개선과 토지이용에 관한 정부의 각종 규제완화 정책의 추진이 토지 투기, 환경오염, 녹지 감소 등의 부작용을 야기하고 있다(박상규와 김창석, 2009; 국토해양부, 2006). 특히 개발제한구역의 추가 지정이 없는 상태에서 해제지역은 확대되고 있으나, 이에 대응하는 녹지 공간을 체계적으로 확보하기 위한 적극적인 대책과 노력이 미흡한 실정이다(권용우, 2004). 이에 개발제한구역의 주요 목적 중 하나인 자연환경보호를 통한 도시민의 건강한 생활환경 확보를 달성하지 못하고 있다는 지적도 나오고 있다(이외희, 2009).

비록, 개발제한구역의 지정과 관리행정 면에서 많은 부작용이 발생했지만, 도시주변의 녹지공간 확보에 따른 환경보전적 측면과 생물학적 향상성

유지가 높게 평가되고 있다(권용우, 2004; 변병설, 2000). 실제 개발제한구역은 해당지역의 신규 개발을 엄격히 제한하여 도시 주변의 생태계보전, 녹지보전, 도시열섬완화, 수자원 함양, 수질보전, 대기정화 및 대기오염예방 등의 기능을 수행하고 있다(황영우 외, 2001; 변병설, 2000). 즉, 환경문제에 대한 중요성이 지속적으로 증가함에 따라 개발제한구역이 지역개발의 도구에서, 환경보전 및 지속가능한 발전을 위한 도구로서의 역할로 전환될 필요가 있다.

특히, 이러한 생태적 건전성은 개발제한구역이 개발과 보전의 완충지역으로서 벨트(belt)의 형태로 지정되어 있기 때문에 가능한 것으로 평가되고 있다(황영우 외, 2001). 이에 따라 개발제한구역의 생태적 건전성을 유지하기 위한 대안으로 생태네트워크 구축의 필요성을 다양한 연구에서 제시하고 있다(이외희, 2009; 권용우, 2004; 황영우 외, 2001; 변병설, 2000). 그러나 그간 개발제한구역에 대한 환경성 분석은 기초자료의 부족 및 과학적 분석방법의 부재로 향후 예상되는 환경훼손의 문제나 이에 대한 구체적인 대안을 마련하기에 어려움이 있었다. 특히 생태네트워크 도입의 필요성을 다양한 연구에서 제시했지만 이를 실현하기 위한 구체적 방법이나 사례연구는 매우 부족하다.

이러한 배경에서 본 연구는 경관생태학이론을 기반으로 수도권 개발제한구역의 경관생태학적 가치를 평가하고 이에 대한 적용방안을 제시하고자 한다.

2. 관련연구 동향 및 시사점

그간 개발제한구역에 대한 연구는 다양한 측면에서 시도되었다. 개발제한구역에 대한 연구는 도시성장관리 측면에서의 실효성 연구(이상현과 오규식, 2010; 김재익과 여창환, 2008; 최대식, 2008), 합리적인 개발방안에 대한 연구(이재준과 권용우, 2002; 김태경, 2007; 유성용, 2006; 이성용과 하영호, 2000)와 친환경적 관리방안(권용우 외, 2006; 김재익과 여창환, 2008; 권용우, 2004; 노태욱 외 2003, Taylor *et al.*, 1995)에 대한 연구로 구분된다. 도시성장관리 측면에서의 실효성 연구는 주로 토지이용예측 모형을 이용하여 개발제한구역이 도시성장관리에 기여하였는지를 중점적으로 연구하였다. 합리적인 개발방안에 대한 연구는 개발제한구역 내에 국민임대주택단지 개발사업이 발표됨에 따라 친환경성을 확보하고 합리적으로 개발을 유도하기 위한 차원에서 이루어졌다. 또한 합리적 개발방안에 대한 연구의 일환으로 개발제한구역이 조정됨에 따라 해당 도시의 지가가 어떻게 변화되는지를 분석하기도 하였다.

본 연구와 밀접한 관련이 있는 개발제한구역의 친환경적 관리방안에 대한 연구들은 조정지역에 무분별한 난개발이 예상됨에 따라 생태계 보전을 위한 계획적 접근이 필요함을 강조한다. 이외희(2009)는 개발구역해제의 현황 및 문제점을 진단하고 이를 위한 해결방안으로써 거점녹지를 중심으로 한 개발제한구역의 생태축 구축방안과 생태공원 조성방안을 제시하였다. 이양주와 옥진아(2008)는 수도권 개발제한구역을 대상으로 환경부의 광역녹지축과 경기도 광역녹지축을 비교하여 생태적 단절지역을 파악하고 이를 개선하기 위해 녹지총량제의 도입과 광역녹지축을 체계적으로 관리할 필요가 있음을 제시하였다. 변병설(2000)은 개발제한구역의 환경적 보전기능을 제시하고 이를 효과적으로 관리하기 위한 4가지 원칙인 '지속가능성', '영속성', '투명성', '형평성'을 제시하였다. 이와 유사한 연구로 김혜애(1997)는 그린벨트의 효과적인 보존과 관리를 위한 원칙인 '친환경주의', '보전성', '형평성', '공공성'을 제시했으며, 권용우(2004)는 '지속가능성', '친환경성', '공공적 시민정신'을 제시하였다. Taylor *et al.*(1995)는 캐나다의 4개도시 사례분석을 통하여 그린벨트가 그린웨이로 그 기능이 변화되고 있음을 시사하였다. 노태욱 외(2003)는 개발제한구역을 친환경적으로 관리함에 있어 현 도시녹지관리체계의 문제를 지적하고 이에 대한 개선방안을 제시하였으며, 권용우 외(2006)는 개발제한구역의 환경보전을 위한 토지매입 기준을 설정하기도 하였다. 이상의 선행연구 고찰을 통해 다음과 같은 시사점이 도출될 수 있다.

첫째, 개발제한구역내 위치하고 있는 자연자원에 대한 체계적 관리방안이 제시되지 못하고 있다. 권용우(2004)가 지적한 바와 같이 그간 개발제한구역에 대한 해제계획은 구체적으로 연구되어 왔으나, 녹색공간 확보계획은 매우 미흡한 실정이다. 이는 개선안을 통한 구역조정방안의 기준을 통해서도 알 수 있는데, 구역조정을 실시하기 위한 환경성평가를 개별 토지에 초점을 두고 이루어짐에 따라 구역내 위치하고 있는 자연자원의 기능을 체계적으로 고려하지 못하고 있다. 둘째, 대부분의 연구에서 개발제한구역의 생태적 관리를 위해 녹지총량제 또는 생태축의 도입을 제안하고 있으나, 개념 및 원칙을 제시하는 것에서 그치고 있으며, 이를 효과적으로 실현하기 위한 구체적인 연구는 여전히 미흡한 실정이다.

셋째, 대부분의 연구에서 개발제한구역의 생태적 관리를 위해 녹지총량제 또는 생태축의 도입을 제안하고 있으나, 개념 및 원칙을 제시하는 것에서 그치고 있으며, 이를 효과적으로 실현하기 위한 구체적인 연구는 여전히 미흡한 실정이다.

II. 연구방법

일반적으로 경관생태학과 관련된 연구에서는 경관을 구조, 기능, 변화로 구분한다(표 1). 본 연구에서는 구조와 기능에 주안점을 두고 개발제한구역의 경관생태학적 가치를 평가하였다. 이를 위해 Landsat(2009)영상의 NDVI 분석결과를 이용하여 개발제한구역의 경관조각을 추출하고 경관구조를 평가하기 위해 경관조각의 면적과 형태를 측정하였다. 다음으로 연결성에 주안점을 두고 경관기능을 평가하였다. 연결성 평가는 중력모형을 이용하여

표 1. 경관생태학의 주요 구성요소

구분	내용	평가지표
구조	경관요소의 공간적 크기와 형상, 수, 종류, 방향, 대비, 구성요소들의 짜임과 관련된 에너지와 물질, 생물 그리고 유형의 정보분포 상태	조각크기, 모양, 수, 요소의 분포와 배열 등
기능	공간적인 요소의 상호작용, 경관요소 사이에서 일어나는 에너지와 물질, 생물종 또는 정보의 흐름	에너지 흐름, 물과 영양소 흐름, 동물 이동 교란, 파급 등
변화	시간에 따른 경관구조와 기능의 변화 특성	조각의 역동성, 메타개체군 역동성, 교란 체제 변화 등

연결망의 기본 구조를 우선적으로 분석하고, 최소 비용경로분석을 이용하여 동물의 이동가능성을 시뮬레이션하여 실제적인 네트워크망을 도출하였다.

이상의 경관조각에 대한 구조와 기능평가를 통해 개발제한구역 내 위치하고 있는 녹지의 구조 및 기능적 특성을 유형화 하고 이를 종합하여 개발제한구역의 경관생태학적 가치를 평가하였다. 또한 분석결과와 현재까지 진행된 개발제한구역의 조정지역을 중첩하여 조정 전에 생태축이 이미 단절된 지역과 조정으로 인해 단절이 예상되는 지역을 확인하였다. 마지막으로 개발제한구역의 생태적 가치를 보전하기 위한 분석결과와 적용방안을 제시하였다. 세부적인 평가방법은 그림 1과 같다.

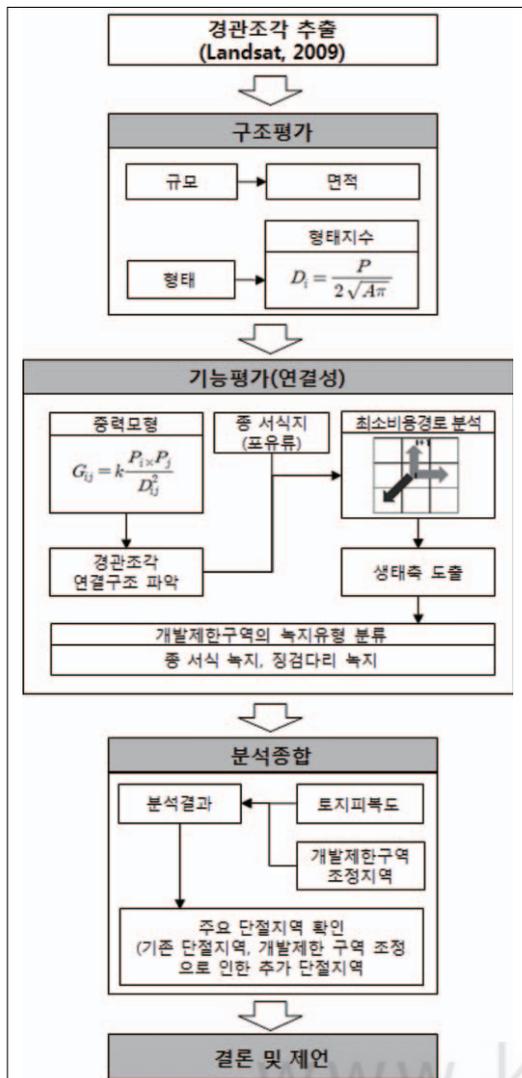


그림 1. 연구의 흐름

1. 구조평가

경관생태학에서 경관을 이루는 기본단위는 경관 구조이다. 구조를 나타내는 지표는 면적, 둘레, 형태지수 등이 있다. 경관구조를 설명하기 위한 다양한 지표가 제시되어 왔는데, 그 중 면적과 형태는 경관조각의 특성을 설명하는 가장 중요한 지표로 사용 빈도 또한 높다(김희주 외, 2011). 면적은 서식 공간의 안정성과 종 다양성에 직접적인 영향을 주고, 각종 개발에 따른 영향을 직관적으로 판단할 수 있게한다(Forman and Godron, 1986; Turner etc., 2001; 이동근 외, 2005). Schonewald-Cox(1983)는 소형초식동물의 경우 100개체 이상을 유지하기 위해서는 최소 10ha의 면적이 필요하며 소형초식동물 1,000개체 혹은 대형초식동물 100개체가 유지되기 위해서는 약 1,000ha 이상의 면적이 요구된다고 연구에서 밝히고 있다(그림 2).

경관조각의 형태를 측정하기 위해서는 여러 가지 수식이 있는데 그 중 경관조각의 형태지수(Shape Index)는 면적과 둘레길이의 비로 표현되며, 주로 형태모양의 비를 산출하는 지표로 활용되고 있다

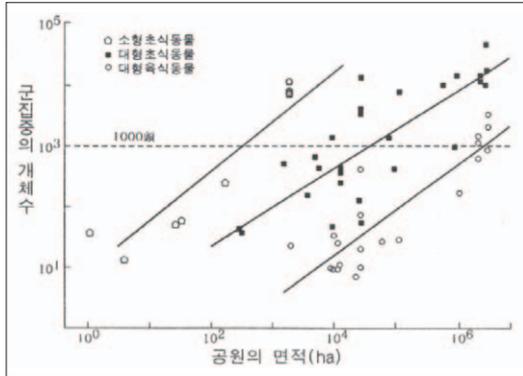


그림 2. 종수와 면적과의 관계 (Schonewald-Cox, 1983)

(Forman and Godron, 1986). 형태지수가 가지는 의미는 그 수치가 낮을수록 종의 다양성 측면에서는 긍정적인 관계를 갖게 된다. 이는 Daolan Zheng and Jiquan Chen(2000)의 가장자리 효과에 대한 연구로부터 얻어진 서식공간의 다양성과 미기후 효과에 대한 생물학적 다양성 등의 결과에서도 살펴볼 수 있다. 경관조각의 형태를 측정하기 위해 일반적으로 사용하는 형태지수의 식은 다음과 같다.

$$SI = \frac{P_i}{2\sqrt{A_i}\pi}$$

P_i : 경관조각 i 의 둘레길이

A_i : 경관조각 i 의 면적

2. 기능평가

기능은 경관조각간의 상호작용을 측정하는 것으로서 경관조각간의 연결성이 평가에 가장 많이 사용되고 있다. 연결성을 측정하는 가장 보편적인 방법은 중력모형으로서 물리학에서 다루는 뉴턴의 중력법칙을 이론적 근거로 두고 있다. 경관생태학에서는 경관조각 사이의 위치상 관계를 측정하는데 이용된다(Forman and Godron, 1986). 중력이론에 따르면 경관조각 상호간의 면적이 크고 거리가 가까울수록 조각들 간의 이동은 많아지고 연결성도 증가하며, 거리가 멀고 면적이 작을수록 연결성은 감소하게 된다. 중력모형을 적용한 연결성 지수는 다음 식에서 보는 바와 같이 두 조각 간의 면적과

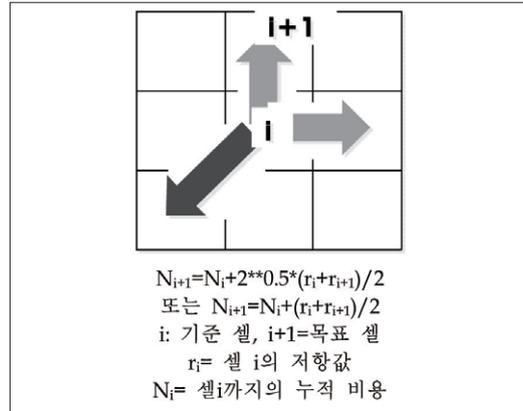


그림 3. 최소비용분석의 알고리즘

(출처: Adriaensen, F *et al.*, 2003)

거리의 측정값을 통해 계산된다.

$$G_{ij} = k \frac{(P_i \times P_j)}{D_{ij}^2}$$

P_i, P_j : 경관조각 i 와 j 의 면적

D_{ij} : 경관조각 i 와 j 의 거리

k : 상수로 일반적으로 1

한편, 최소비용경로분석은 목표지점까지의 최단 거리와 이에 영향을 미치는 저항요소를 고려한 래스터(Raster)데이터 기반의 네트워크 분석 방법이다(Singelton *et al.*, 2002; Knaapen *et al.*, 1992). 여기서 저항요소의 의미는 서로 다른 토지피복, 식생 유형, 표고, 경사 또는 다른 경관 특성을 재분류한 값을 나타낸다(오규식 외, 2008). 즉 각 격자에는 목표가 되는 특정 객체의 이동에 영향을 미치는 정도가 저항값으로 주어지게 된다(그림 3).

경관생태학에서 최소비용분석은 경관투과성모형의 개념으로 적용되고 있으며, 최근 생태축을 계획함에 있어 보편적으로 사용되고 있다. 그러나 최소비용경로분석을 고려한 연구는 국외에서 활발히 이루어지고 있는 반면 국내에서는 미흡한 실정이다. 특히 국내 종의 이동특성 및 행동반경이 고려된 저항값이 적용되어야 한다. 본 연구에서는 이동근 등(2008)¹⁾이 제시한 저항값을 적용하여 연결성을 평

1) 최소비용경로의 분석에 사용된 세부 저항값은 이동근 외(2008)의 연구를 참고하기 바람

가하였다. 저항값을 적용하기 위한 목표 종은 삶(Prionailurus Bengalensis)으로 현재 환경부에서 멸종위기 야생동물 II급으로 분류하고 있다. 동물의 이동가능성을 고려하여 토지피복별로 값을 재분류하고 도로밀도, 표고, 경사도 등을 종합적으로 고려하여 저항도면을 작성하였다. 또한, 환경부에서 제공하는 자연환경조사 2차 자료를 이용하여 개발제한구역 내에 서식하고 있는 포유류의 위치를 확인하고 이들을 포함하고 있는 경관조각을 추출하여 종 공급원으로 선정하였다. 다음으로 앞서 실시된 경관구조평가, 중력모형 결과 및 삶의 서식반경을 고려하여 개발제한구역 내 포유류의 예상 이동경로를 분석하였다. 이를 위해 Schonewald-Cox가 제시한 소형포유류 동물의 서식에 적합한 1,000ha 이상의 녹지와 중력모형결과 상위 30% 이상인 지역을 선정하여 종의 이동이 가능하다고 가정하고 최소비용경로분석을 실시하였다. 다만 동물의 예상 이동경로의 최대 길이는 삶의 최대 행동반경인 15km를 넘지 않도록 하였다. 이상의 최소비용경로 분석을 통하여 개발제한구역 내에 위치하고 있는 녹지의 특성을 종 공급원, 징검다리녹지 등으로 분류하여 녹지의 기능을 유형화 하였다.

3. 연구의 범위

본 연구의 범위는 도시화, 산업화로 인해 경관의

파편화가 급속히 진행 중인 수도권 개발제한구역으로 하였다. 수도권 개발제한구역은 우리나라 전체 개발제한구역 면적 중 가장 많은 37.1%를 차지하고 있으며 지난 20년 동안 400km²(지정 초기 총 면적의 25%)의 해제가 이루어져 현재(2009년 5월 기준)의 총 면적은 1,194.21km²이며, 향후 124km²의 추가적인 해제가 이루어질 것으로 계획되어 있다. 전체 토지이용 중 61%가 산림으로 이루어져 있으며 다음으로 농지(189.6km²), 시가화 지역(165.58km²)으로 구성되어 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 수도권 개발제한구역내 녹지의 파편화가 급격히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 개발제한구역의 서부지역은 개발 압력으로 대부분의 개발제한구역이 해제되어 연결성이 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

III. 분석결과

1. 구조평가

NDVI분석 결과 개발제한구역 내에는 총 321개의 경관조각이 위치하고 있는 것으로 나타났다. 경관조각의 총 면적은 832.96km²로 전체 개발제한구역 면적의 69.74% 이다. 구조분석 결과 면적이 큰 녹지가 개발제한구역의 북동지역을 중심으로 분포하

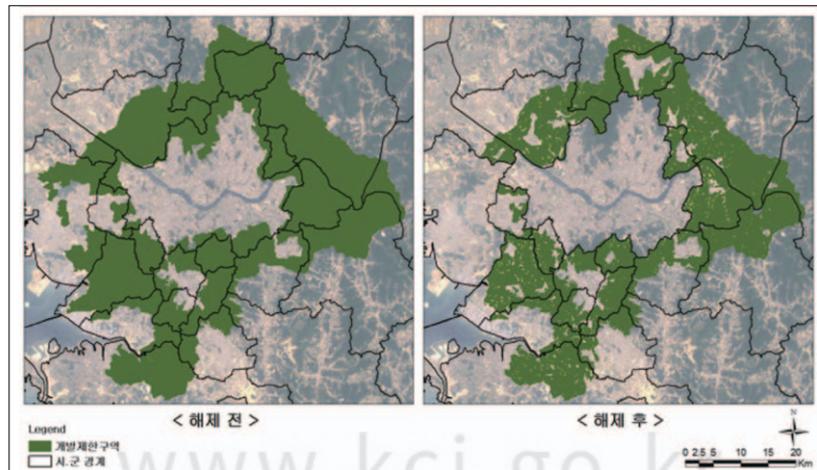


그림 4. 연구의 범위(수도권 개발제한구역)

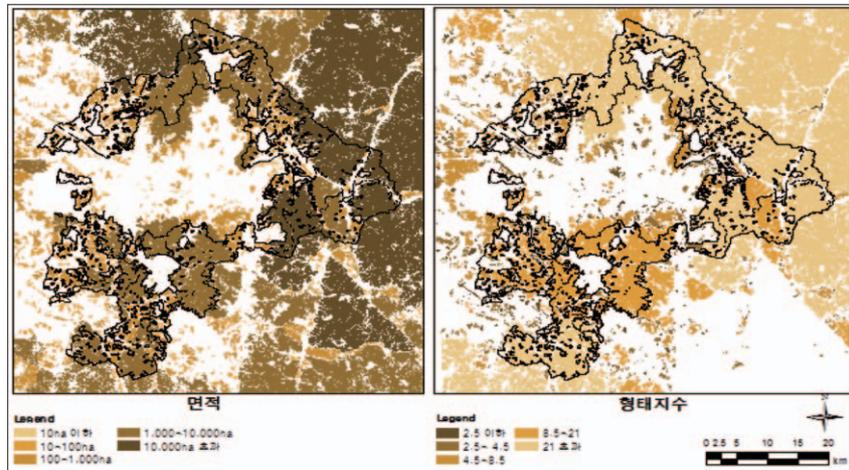


그림 5. 구조 분석결과

표 2. Schonewald-Cox (1983)이 제시한 면적 기준과 개발제한구역의 경관조각 분포 현황

구분	평가기준	경관조각 수
2ha 미만	-	16
2 ~ 10ha	식물 종 유지를 위한 최소요구면적 2ha, 적정 면적 약 10ha	44
10ha ~ 100ha	소형초식동물 100개체 이상 유지를 위한 최소요구면적 약 10ha	199
100ha ~ 1,000ha	소형초식동물 1,000개체 이상 유지를 위한 최소요구면적 약 100ha	44
1,000ha ~ 10,000ha	대형초식동물 100개체 이상 유지를 위한 최소요구면적 약 1,000ha	14
10,000ha 이상	대형육식동물 10개체 이상 유지를 위한 최소요구면적 약 10,000ha	4

고 있는 것으로 나타났다. 이는 개발제한구역 북측에 북한산, 도봉산과 같은 주요 산지가 분포함에 따른 결과로 볼 수 있다. 이는 서식종의 안정적인 서식을 고려할 때, 개발제한구역의 북동측이 서식하기 적합함을 의미한다. 특히 면적이 1,000ha가 넘는 경관조각이 18개, 10,000ha가 넘는 경관조각도 4개가 존재하는 것으로 나타나 규모적 측면에서 개발제한구역은 여전히 생태적 가치가 높은 것으로 나타났다. 반면, 개발제한구역의 남서측의 경우 산지가 비교적 적게 분포함에 따라 녹지의 면적도 상대적으로 작은 것으로 분석되었다. 형태지수의 경우 공간적으로 비교적 고른 분포를 보였다. 면적이 큰 녹지들의 형태지수도 대부분 크게 나타났으며 상대적으로 개발제한구역의 남측이 형태지수가 낮은 것으로 분석되었다. 이는 경관조각의 형태를 고려한 종 다양성 측면에서 개발제한구역의 남측의 경관조각이 북측보다 우수함을 의미하는 것이다.

2. 기능평가

1) 중력모형 분석결과

중력모형 분석결과는 개발제한구역의 연결강도를 제시함으로써 구역 내 녹지간의 연결구조와 연계망의 형태를 파악할 수 있게 한다. 중력모형에 의한 개발제한구역 내 녹지의 연결성은 평균값 15,016,813,229로 산출되었다. 그림 6은 연결성 분석결과 중 상위 30%를 추출하여 나타낸 것이다. 개발제한구역 내 녹지간의 연결성은 북측과 북동측이 강한 것으로 나타났다. 이는 앞서 구조 결과에서 제시된 바와 같이 대규모 산지가 개발제한구역의 북측과 북동측에 위치하고 있기 때문이다. 이에 따라 북측과 동측의 경우, 녹지간의 연계망이 그물망처럼 서로 연계되어 있는 것으로 분석되었다. 그러나 서측의 연결성이 매우 낮은 것으로 나타났으며, 도시개발 및 도로건설로 인하여 동측과 남측의 연결성도 매우 낮은 것으로 분석되었다.

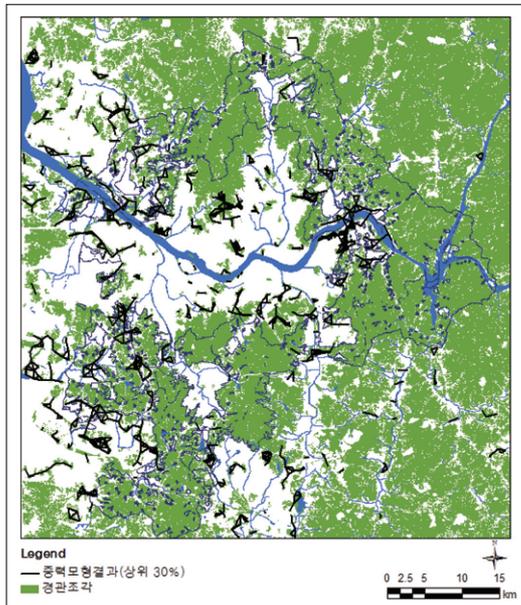


그림 6. 중력모형 분석결과(상위 30%)

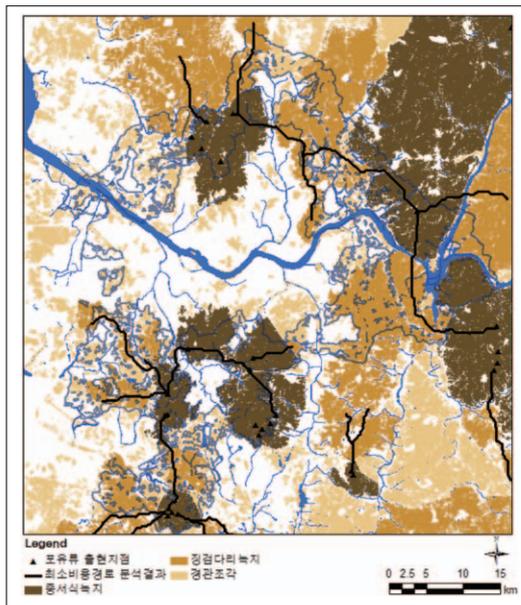


그림 7. 최소비용경로 분석결과

2) 최소비용경로 분석결과

포유류의 이동가능성을 고려한 최소비용경로의 분석결과, 총 24개의 생태통로가 그림 7과 같이 도출되었다. 총 길이는 311.41km이며, 가장 긴 연결녹지는 14.64km로 나타났다. 이는 목표종인 삶의

최대 행동권인 15km를 최소비용경로분석의 최댓값으로 산정했기 때문이다. 가장 짧은 연결녹지의 길이는 0.09km로 분석되었다. 또한 종의 이동이 예상되는 녹지를 도면화한 결과 개발제한구역 내 대부분의 경관조각으로 이동이 가능한 것으로 분석되었다(그림 7). 이렇게 목표종의 이동 경로 상에 분포되어 있는 녹지는 비록 현재 종의 서식이 확인되지 못해도 징검다리녹지(Stepping Stone)의 기능을 수행하여 종의 이동이 원활하게 이루어 질 수 있게 한다. 또한, 중력모형과 최소비용경로분석결과는 목표종이 이동의 예상되는 지역을 도면화하여 표출하기 때문에 이를 기반으로 한 개발제한구역의 실질적인 생태축 설정을 가능하게 한다. 중력모형과 최소비용경로 분석결과로 도출된 해당 경관조각은 장기적 차원에서 종의 보호와 확산을 위해 적극적으로 관리될 필요가 있다.

3. 분석의 종합

본 연구는 경관의 구조, 기능에 주안점을 두고 수도권개발제한구역의 경관생태학적 가치를 평가하였다. 분석결과 그간 수많은 조정이 이루어졌음에도 불구하고 개발제한구역 내에는 여전히 보전 가치가 높은 지역이 많은 것으로 나타났다. 특히 10,000ha가 넘는 대규모 녹지를 중심으로 생태축이 형성되는 것으로 나타났다. 또한 개발제한구역 내 중·대형 포유류가 서식하고 있는 녹지가 281.09km²(개발제한구역 전체면적의 23.54%, 개발제한구역 내 녹지 총 면적의 33.74%), 이동이 예상되는 징검다리녹지의 경우 297.43km²(개발제한구역 전체면적의 24.91%, 개발제한구역 내 녹지 총 면적의 35.70%)로 분석되어 개발제한구역의 48.45%(개발제한구역 내 녹지 총 면적의 69.44%)의 녹지가 연결성 유지를 위해 보전될 필요가 있는 것으로 나타났다. 그러나 개발제한구역의 서측이 상대적으로 녹지공간이 부족한 것으로 나타났으며, 이에 따라 녹지간의 연결성도 낮게 평가되었다(그림 6과 그림 7). 앞서 언급한 바와 같이 개발제한구역이 생태적 가치가 보전된 이유는 벨트(belt)의 형태로 지정되

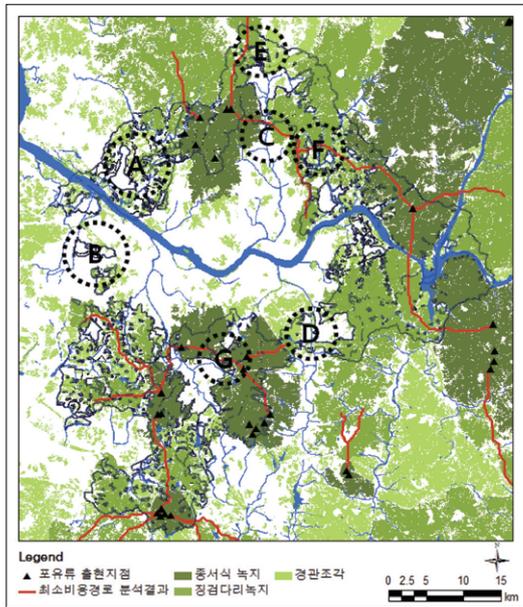


그림 8. 주요 단절지역

어 있기 때문이다. 분석결과와 토지피복도(중분류), 조정된 개발제한구역을 비교하여 개발제한구역 내 생태통로가 단절된 지역을 도출하였다(그림 8)²⁾.

A~D지역은 개발제한구역 조정이 시작되기 전에 단절된 지역이다. 이 중 A,B지역은 구조적 측면에서 녹지의 규모가 충분히 확보되지 못함에 따라 생태축이 단절된 지역이다. A지역은 녹지가 산발적으로 분포하고 있으나 종이 서식할 수 있는 충분한 면적

이 확보되지 못하고 있으며, B지역의 경우 주로 농지나 시가지지역으로 형성되어 있어 녹지의 분포가 매우 적게 나타났다. 따라서 A지역과 B지역은 산림 주변으로 분포하고 있는 대규모 농지를 개발하기 보다는 녹지를 확충하는 것이 개발제한구역의 생태적 성능을 유지함에 있어 바람직하다. C지역과 D지역은 도로 및 시가지로 인하여 생태통로가 단절된 것으로 나타났다. 특히 C지역의 경우 시가지 사이에 위치하고 있는 농지로 동물의 이동이 예상되어 본 농지에 대한 중점적 관리가 필요할 것으로 분석되었다. D지역 또한 대규모 신도시 개발로 녹지의 파편화가 이루어지고, 서측에 위치하고 있는 대규모 녹지에 종의 서식이 확인되지 않아 단절된 것으로 분석되었다. 따라서 C지역과 D지역은 종의 이동이 가능하도록 에코브릿지와 같은 생태통로를 건설할 필요가 있다(그림 9).

한편, E~G지역은 개발제한구역의 조정으로 추가적인 단절이 예상되는 지역이다. E지역과 F지역의 경우, 분석된 생태통로가 조정지역 내 위치하고 있는 것으로 나타났으며, G지역은 생태통로와 중복되어 있지는 않으나 생태통로를 주변으로 구역의 조정이 이루어져, 중점적 관리가 이루어지지 못할

2) 단절지역을 선정함에 있어 수생태는 본 연구의 대상에서 제외되기 때문에 한강수계로 인해 단절된 지역은 제외하였음.

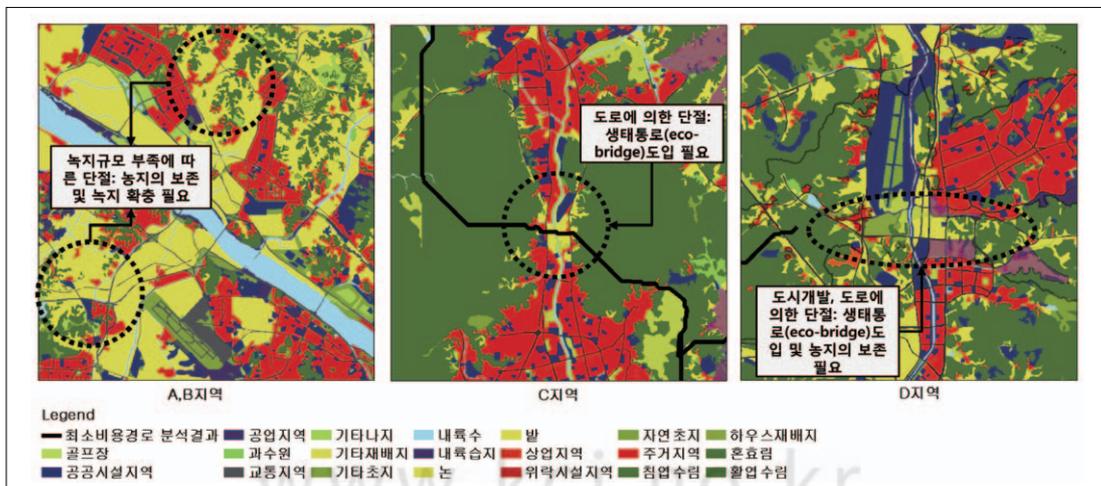


그림 9. 개발제한구역 조정 전 생태통로 단절지역

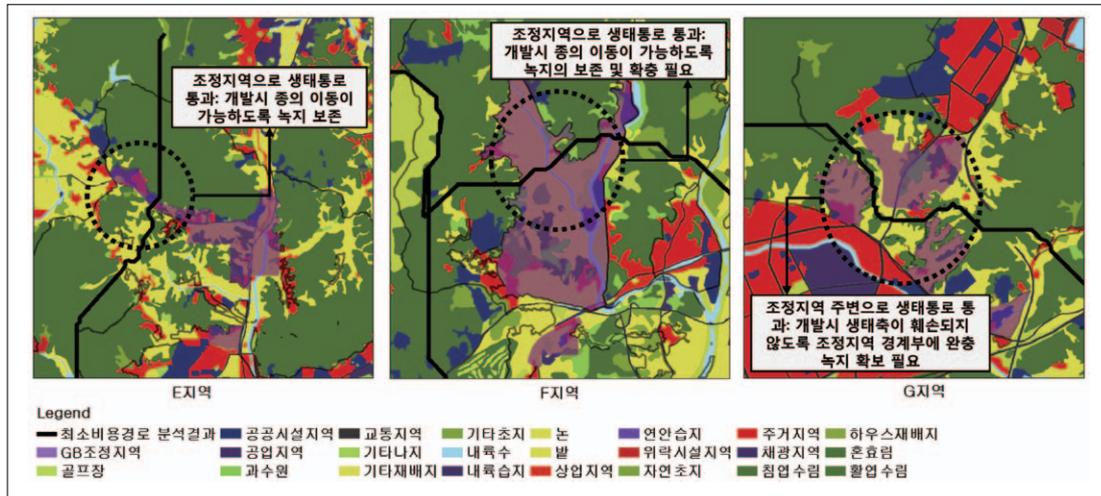


그림 10. 개발제한구역 조정으로 추가적인 단절이 예상되는 지역

경우 단절될 위험이 많은 지역이다. 이는 조정구역 지정 시 경관조각의 구조와 기능을 충분히 고려하지 못했기 때문에 발생한 결과라 할 수 있다. 따라서 본 지역은 개발제한구역의 생태적 안정성을 높이기 위해 향후 개발을 수행함에 있어 최대한의 녹지공간과 연결성을 확보하는 방향으로 개발될 필요가 있다. 이를 위해 조정구역을 통과하는 생태통로의 경우 개발 시 자연녹지 또는 생태통로로 이용되도록 토지이용계획을 수립해야 할 것이며, 녹지축을 계획함에 있어서도 분석결과에 기초하여 녹지의 기본축을 설정해야 할 것이다. 또한 G지역과 같이 생태통로를 주변으로 조정구역이 지정된 지역도 향후 개발계획을 수립함에 있어 생태통로의 안정성을 유지하기 위해 조정지역 경계 주변으로 완충녹지가 확보되어야 한다(그림 10).

IV. 결론 및 제언

그간 개발제한구역에 대한 연구는 도시성장관리 또는 조정지역의 관리방안에 대해 중점적으로 이루어진 반면, 개발제한구역이 갖고 있는 생태적 가치를 평가한 연구는 상대적으로 부족하였다. 또한, 개발제한구역을 관리함에 있어서도 경관생태적 관점에서의 구조, 기능(연결성)에 대한 고려가 부족하였

다. 이러한 문제는 개발제한구역 조정지역을 선정하는 과정에도 나타났는데, 생태자연도, 녹지자연도에 중점을 두고 조정지역을 선정한 나머지 개발제한구역 내 위치하고 있는 녹지의 성능을 심도 있게 고려하지 못해 많은 부작용을 야기하고 있다. 또한 개발제한구역의 생태적 성능을 제고하기 위해 생태축을 도입하고자 하는 논의가 이루어져 왔으나 이를 구체적으로 실현하기 위한 방안은 제시되지 못하였다.

본 연구는 개발제한구역의 경관생태학적 가치에 주안점을 두고 GIS분석기법을 적용하여 개발제한구역의 생태적 가치를 평가하였다. 분석결과 지속적으로 훼손되고 있음에도 불구하고 개발제한구역 내에는 여전히 생태적 가치가 높은 지역이 넓게 분포하고 있는 것으로 나타났다. 또한 개발제한구역 내 생태축을 구축할 수 있는 과학적 대안을 본 연구의 결과로 도출하였다. 이상의 연구결과는 개발제한구역을 관리함에 있어 다음과 같이 적용될 수 있다.

환경가치를 종합적으로 고려한 개발제한구역 관리방안 수립에 적용될 수 있다. 생태적 접근에 의한 개발제한구역 관리계획의 수립 요구가 증대됨에 따라 표고, 경사도, 녹지자연도, 생태자연도 중심의 평가체계를 보완하고자 하는 시도가 이루어지고 있다. 본 연구에서 적용된 평가방법과 GIS분석 기법

들은 경관의 구조와 기능을 고려하여 보다 과학적이고 구체적인 평가를 가능하게 한다. 특히, 본 연구를 통해 일부조정 지역이 경관생태의 기능적 측면에서 중요한 지점임을 확인할 수 있었다. 이러한 사례에서 볼 수 있듯이 본 연구에서 제시된 연구결과는 향후 개발제한구역의 생태적 가치를 유지·개선함에 있어 활용도가 높다 할 수 있다.

다음으로, 개발제한구역과 관련된 다양한 제도개선안과 연계될 수 있다. 개발제한구역의 제도개선 방안으로 보전지역의 토지매수, 개발권 양도제, 개발권매입제 등의 도입 검토가 이루어지고 있다. 본 연구의 결과에서 도출된 생태적 성능이 우수한 녹지들이 이러한 제도를 수행함에 있어 우선적인 매입 대상이 될 수 있다. 또한 환경부, 지자체에서 계획한 광역·도시생태축과도 연계되어 해당 지역의 생태적 안정성을 제고할 수 있을 것이다.

본 연구는 시계열 자료 구득의 한계로 경관조각의 구조와 기능에 초점을 두고 수행됨에 따라 변화에 대한 요소를 고려하지 못하였다. 또한 수생태, 대기질 또는 열섬완화와 같은 추가적인 환경적 기능을 고려하지 못하였다. 최소비용경로분석을 수행함에 있어서도 저항값을 적용하기 위한 자료 부족으로 일괄적으로 삶의 저항값을 고려한 것도 본 연구의 한계라 할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 개발제한구역을 둘러싸고 있는 경관생태의 변화요소와 그 밖의 환경적 요소들을 통합한 연구가 심도 있게 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

국토해양부, 2006, 개발제한구역 제도혁신방안.
 권용우 · 이창수 · 변병설 · 이재준, 2006, 개발제한 구역의 환경보전을 위한 토지매입 기준에 관한 연구, 국토계획, 4(2), 79-92.
 권용우, 2004, 그린벨트 해제 이후의 국토관리 정책, 지리학연구, 38(3), 241-258.
 김재익 · 여창환, 2008, 도시성장예측모형을 활용한 개발제한구역의 효과측정, 국토계획,

43(3), 211-223.
 김재익 · 여창환 · 박선형, 2007, 개발제한구역의 개발가능지 분석과 도시성장관리에 대한 시사점, 국토계획, 42(3), 63-75.
 김태경, 2007, 개발제한구역 내 국민임대주택단지의 공간적 파급효과 예측에 관한 연구, 국토계획, 42(4), 25-37.
 김혜애, 1997, 그린벨트 문제의 새로운 해법, 환경과생명 14, 160-169.
 김희주 · 오규식 · 이동근, 2011, 공간자기상관분석을 통한 시계열적 경관구조의 변화 분석, 환경복원녹화, 14(3), 1-14.
 노태욱 · 김제국 · 박문호 · 박미호, 2003, 개발제한구역 조정에 따른 녹지관리체계의 개선, 도시정보, 254, 3-14.
 박상규 · 김창석, 2009, 개발제한구역 해제가 토지이용변화에 미치는 영향: 남양주시 사례를 중심으로, 국토연구, 61, 61-80.
 변병설, 2000, 개발제한구역의 친환경적 관리방안, 환경친화적 토지이용체계 구축방안 연구, 환경부.
 유성용, 2006, 개발제한구역 내 국민임대주택단지의 합리적 개발방안, 한국주거학회논문집, 17(1), 77-84.
 이동근 · 김명수 · 구분학 · 김경훈 · 김동성 · 나정화 · 윤소원 · 이명우 · 전성우 · 정홍락 · 조경두 · 제종길 · 홍선기, 2005, 경관생태학. 보문당.
 이동근 · 송원경 · 전성우, 2008, 경관투과성 및 최소비용경로 분석을 통한 수도권 지역의 광역생태축 구축 연구, 환경복원녹화, 11(3), 94-106.
 이상현 · 오규식, 2010, 셀룰라 오토마타를 이용한 개발제한구역의 효과, 국토계획, 45(3), 193-208.
 이성호 · 하영호, 2000, 개발제한구역 제도개선에 따른 지가변화에 관한 연구, 도시연구, 9, 47-58.

- 이양주 · 옥진아, 2008, 광역녹지축 측면에서 바라본 그린벨트 구역의 실효성, 경기개발연구원.
- 이외희, 2009, 개발제한구역의 공원화 전략, 경기개발연구원.
- 이외희 · 봉인식 · 이지은, 2008, 개발제한구역 제도개선 법제화방안, 경기개발연구원.
- 이재준 · 권용우, 2002, 수도권 개발제한구역 해제 지역의 친환경적인 주택단지 건설의 방향, 지리학연구, 36(2), 89-100.
- 최대식, 2008, 도시개발 시뮬레이션 모형을 이용한 수도권 배가제한구역의 시가지확산 억제효과 평가, 국토계획, 43(41), 61-75.
- 환경부, 2004, 도시지역의 자연환경성 확보방안 연구.
- 환경부, 2008, 광역생태축 구축을 위한 연구.
- 황영우 · 이광국 · 김주석, 2001, 개발제한구역의 생태적 관리에 관한 연구, 부산발전연구원.
- Adriaensen, F., J.P. Chardon, G. De Blust, E. Swinnen, S. Villalba, H. Gulinck, and E. Matthysen, 2003, The application of least-cost modelling as a functional landscape model, *Landscape and Urban Planning*, 64, 233-247.
- Cook, E.A., 2002, Landscape structure indices for assessing urban ecological networks, *Landscape and Urban Planning*, 58, 269-280.
- Forman, R.T.T., and Godron, M., 1986, *Landscape Ecology*, New York, USA: John Wiley & Sonns, Inc..
- Forman, R.T.T, 1995, *Land Mosaics: The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press, New York Inc.
- Knaapen, J.P., M. Scheff, B. Harins, 1992, Estimating habitat isolation in landscape Planning, *Land Urban Plan*, 23, 1-16.
- Schonewald-Cox, C.M., 1983, *Guidelines to Management: A Beginning Attempt*. In Richard B. Primack. 1993, *Essentials of Conservation Biology*, Sunderland, Messachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Singelton, P. H., W.L. Gaines, and J.F. Lehmkuhl, 2002, *Landscape Permeability for Large Carnivores in Washington; A Geographic Information System Weighted-Distance and Least-Cost Corridor Assessment*. United States Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station.
- Taylor, J., C. Paine, and J. FitzGibbon, 1995, From Greenbelt to Greenways: Four Canadian Cases Studies, *Landscape and Urban Planning*, 33, 47-64.
- Turner, M. G., R. H. Gardner and R. V. O'neil. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. Springer Science Business Media, Inc.
- 법제처 홈페이지 <http://www.moleg.go.kr>