환경영향평가 Vol. 24, No. 5(2015) pp.420~431 J. Environ. Impact Assess. 24(5): 420~431(2015) ISSN 1225-7184
http://dx.doi.org/10.14249/eia.2015.24.5.420

Research Paper

산림 생태계 서비스를 고려한 산림 보전가치 평가

– 가평군을 대상으로 –

김예화* · 정승규 · 정슬기*** · 이동근******

서울대학교 협동과정조경학 *, 서울대학교 농업생명과학연구원**,
서울대학교 대학원***, 서울대학교 조경지역시스템공학부******

Assessment on the Forest Conservation Value Considering Forest Ecosystem Services

- The case of Gapyung-gun -

Yihua Jin* · Seunggyu Jeong · Seulgi Jeong*** · Dongkun Lee******

Interdisciplinary Program in Landscape Architecture, Seoul National University*
Research Institute of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University**
Graduate School, Seoul National University***
Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University******

요 약 : 최근 생물다양성, 기후변화 등에 대한 관심이 늘어남에 따라 산림 생태계의 보전 필요성이 대두되고 있다. 본 연구는 이러한 산림 생태계의 지속가능성을 위하여 생태계 서비스를 고려한 산림 보전가치평가를 하는데 목적이 있다. 산림생태계는 생물다양성 유지, 기후조절, 물 조절 등에서 생태적 가치를 나타내며 평가를 위한 지표로 선정하였다. 생물다양성 유지는 생물의 보전을 위한 서식지의 구조적인 특성과 생물종의 분포 특징을 같이 고려하여 평가하였다. 기후조절은 탄소흡수량으로 계산하였고 물 조절은 물 저장량으로 분석하였다. 분석결과 가평군 산림의 50.1%가 보전가치가 높은 산림으로 나타났고, 국내 산림의 보전가치가 평가되고 있는 국내 환경지도와 비교한 결과 유사한 분포경향을 나타내고 있다. 본 연구의 연구결과는 가평군에 특화된 도면이나 평가 방법은 전국 산림의 보전가치 평가에도 활용할 수 있을 것이다.

주요어 : 생물다양성, 물 조절, 탄소흡수량, MaxEnt, 종풍부도

Abstract : As biodiversity and climate change have become main issues in recent times, the role of the forest ecosystem has been more important and forest conservation has been highlighted. The purpose of this study is to estimate forest area with high conservation values in Gapyung-gun by considering forest ecosystem services. The indicators of biodiversity, climate regulation, and water regulation were selected for assessment in this study. To assess biodiversity, habitat structural

Corresponding Author: Dongkun Lee, Department of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University
Tel: +82-2-880-4875 Email: dklee7@snu.ac.kr
Received: 27 May, 2015. Revised: 16 September, 2015. Accepted: 16 September, 2015.

features and distribution characteristics of species were analyzed. Climate regulation and water regulation were assessed through analysis of carbon absorption volume and water storage. The result showed that, 50.1% of the forests in Gapyung-gun had high conservation values. The results were verified by comparing them with distribution tendencies of other environmental maps, which represent forest ecological values, and showed similar distribution tendencies. The study was conducted on only Gapyung-gun in Korea; however, the methods used in this study could be utilized for assessment of other areas to identify forests with high conservation values.

Keywords : Biodiversity, Water regulation, Carbon absorption, MaxEnt, Species richness

I. 서 론

최근 산림 생태계 보전에 대한 논의는 생물다양성 협약(CBD), 기후변화협약(FCCC) 등에서 이루어지고 있으며 산림 생태계 서비스는 전 지구적인 이슈로 떠오르고 있다. 산림은 우리나라의 주요한 생태자원이지만 성장위주의 국토개발정책으로 인해 도시 확장 및 산림개발 수요가 여전히 증가하고 있다.

한정된 자연자원의 지속가능성을 위하여 해외에서는 산림보전가치 평가가 이루어지고 있다. Bugalho MN *et al.*(2015)는 생물다양성, 탄소저장, 수자원을 지표로 하여 포루투갈 참나무림의 보전가치가 높은 지역을 도출하였다. Thorn JH *et al.*(2014)은 생물다양성, 수자원, 농업 등을 지표로 캘리포니아의 보전가치가 높은 지역을 도출하여 도시계획에 적용하였다. 국내의 관련 분야 연구는 산림의 기능구분에 관한 연구(권순덕 등, 2008), 산림의 공익기능 경제적 가치 평가(김종호 등, 2010; 조윤숙, 2014), 산림기능의 우선순위에 관한 연구(이종열 등, 2010) 등 산림의 기능을 중심으로 한 연구가 이루어지고 있다.

그밖에 국내에서 산림의 생태적 중요성을 나타내는 산지구분도와 생태자연도는 산지전용허가 및 환경영향평가 시 참고 기준으로 활용되고 있는 지도이다. 산지구분도는 임업생산성을 위주로 제작되었고, 생태자연도는 멸종위기종과 식생보전등급에 의해 평가되고 있어(한국환경정책 · 평가연구원, 2004) 이는 산림생태계의 일부 가치가 평가되고 있다. 이와 같이 해외에서는 생태계 서비스를 나타내는 지표로 산림의 보전가치 평가를 통해 생태적으로 가장 중요한 지역을 도출하여 관리하는데 적용되고 있는 반면, 국내에서는 산림의 기능 또는 단편적인 측면에서만 평가되고 있어 산림 생태계 서비스를 고려한 보전가치평가는 이루어지고 있지 않는 상황이다.

따라서 본 연구에서는 산림의 특성을 나타내는 산림 생태계 서비스 지표를 반영하여 보전가치가 높은 산림 지역을 도출하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

연구대상지는 경기도 동북부에 위치한 가평군의 산림을 대상으로 하였다. 가평군은 산림면적이 68,996ha로 행정구역의 83%를 차지하며 전국에서도 산림보유면적이 높은 지역이다(Figure 1). 그 중 자연림이 68.6%이고 멸종위기종인 삵, 하늘다람쥐, 수달 등의 주요 서식지로서 생태적으로 중요한 지역이다. 그러나 2010년 경춘선 건설과 같은 인프라 시설의 구축과 동반되는 관광, 레저시설, 주택 등의 토

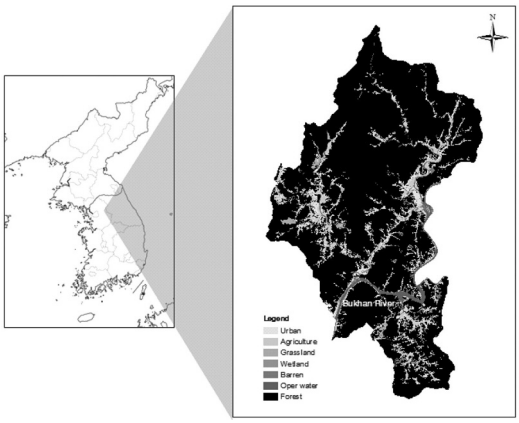


Figure 1. Study area_Gapyung-gun

지이용은 가평군 산림의 생태적 가치를 감소시키고 있다.

2. 보전가치 평가 지표

보전가치가 높은 산림은 생물다양성이 높은 산림, 대규모의 산림, 희귀성이 높은 생태계가 포함된 산림, 기본적인 생태계 서비스를 제공하는 산림 등을 가리킨다(Rayden T, 2008). 즉 산림 생태계의 보전가치를 평가하기 위하여 생물다양성 보호 및 유지 측면이 고려되어야 하지만 지역차원에서 필요한 생태계 서비스도 같이 고려되어야 한다. 본 연구에서는 산림의 생물다양성 유지, 산림의 기후조절 서비스, 물 조절 서비스로 가평군 산림의 생태적 보전가치를 평가하고자 한다.

1) 생물다양성 유지

생물다양성은 단순히 생물종이 많은 지역만을 기준으로 평가하는 것은 그 잠재적 가치가 평가 되지 못한다. 또한 서식지 가장자리에서 생물다양성이 높게 평가되어 내부 서식지의 상대적 중요도가 떨어질 가능성이 있다(Myers N *et al.*, 2000; 이도원, 2001; Primack RB, 2003; Legendre P. *et al.*, 2005; Condit R *et al.*, 2002; 권혁수, 2011). 따라서 생물다양성 유지는 생물의 보전을 위한 서식지의 구조적인 특성과 생물종의 분포 특징을 같이 고려하여 평가하였다. 생물종 분포 특징을 평가하기 위하여 종풍부도와 희귀도를 분석하였으며 서식지의 양호성을 평가하는 구조적 특징은 자연성과 연결성을 분석하였다.

(1) 종풍부도

종풍부도는 해당 지역에서 발생할 것으로 예상되는 분류군의 수로 계산되었으며 개별 종의 분포모형을 합산하여 도출하였다. 종 분포모형으로 MaxEnt (Maximum Entropy Model)모형을 사용하였다. 이는 생태지위이론을 기반으로 하는 모형이며 출현자료만을 적용할 때 기타 모형에 비해 높은 예측 정확도를 나타내기 때문에(Philips SJ *et al.* 2006, 서창완 등, 2008, 송원경 등, 2012) 본 연구와 같이 출현자료를 활용하기에 효과적이다(김지연 등, 2014).

대상종은 가평군의 포유류를 중심으로 담비, 삵, 하늘다람쥐 등 멸종위기종과 고라니, 고슴도치, 너구리, 노루, 다람쥐, 두더쥐, 멧토끼, 멧돼지, 오소리, 족제비, 청설모 14가지 종을 대상으로 하였다. 포유류 서식지와 관련된 선행연구를 참고하여 지형(고도, 경사, 향), 식생(영급, 경급, 임상), 토지 피복(토지유형, 수계로부터의 거리, 도로로부터의 거리) 등을 30m 공간해상도로 구축하였다(최태영 등, 2004; 이동근 등, 2008; 서창완 등 2008; 송원경 등, 2012; 김지연 등, 2014).

(2) 희귀도

희귀도는 RWRI(Rairity-Weight Richness Index) 지수로 계산되었다. 이는 종풍부도에서 생략되는 희귀종의 가치를 보완하기 위하여 멸종위기종 서식지의 상대적인 중요도를 분석하였다.

$$\mathrm{RWRI} = \sum_{i=1}^{n} 1/h_i \qquad (1)$$

h_i: 종 i가 발견된 격자 개수;
n: 대상지역에서 발견된 총 종수

희귀도는 연구대상지에 출현한 멸종위기포유류인 담비, 삵, 하늘다람쥐를 대상으로 분석하였고, 지수의 점수가 높을수록 상대적으로 많은 종이 보호되어야 하는 경향을 나타낸다(정승규, 2014).

(3) 연결성

서식지의 연결성은 서식지 간 생물종 전파와 유전자 흐름을 원활하게 하거나 방해하는 정도를 의미한다(Taylor PD *et al.*, 1993; 강완모 등, 2014). 이는 파편화된 경관에서 메타개체군의 지속성을 결정할 수 있는 중요한 인자이므로(Soule ME, 1996; Hanski I, 1999) 개체군 보전을 위해 평가되었다. 생물종에 따라 다르게 나타날 수 있는 지수이므로, 가평군의 깃대종인 삵을 대상으로 경관투과성을 고려한 비용표면을 도출하였다. 경관투과성은 경관의 연결성을 평가하는 방법 중 하나로서, 종이 특정 환경을 통과할 수 있는 정도를 의미한다. 삵의 잠재 서식지 모형 결과에서 삵의 행동권인 350ha 이상(Grassman JLI *et al.*, 2005)의 지역을 핵심지역으로 설정하여 경관

투과성을 분석하였다.

(4) 대표성

서식지의 대표성은 인류의 영향이 적고 오래되고 양호한 산림을 나타내며 자연자원의 유형을 최대한 많이 포함하고 있음을 의미한다(Beazley K *et al.*, 2005). 본 연구에서는 오래된 산림은 자연림 5영급 이상, 인공림 6영급 이상(환경부, 2013)의 기준을 적용하였으며, 양호한 산림은 국내에서 가장 대표적으로 사용되는 생태자연도 1등급 지역을 적용하여(권혁수, 2012) 분석을 수행하였다.

생물다양성 유지 서비스를 평가하기 위해 생물종의 분포특징과 서식지의 구조적인 특징을 분석하였고 네 가지 평가요소에 같은 가중치를 주어 중첩하였다. 각 평가 요소 별 값의 절대적인 수치 차이는 직접적으로 비교하거나 연산이 불가능하기에 가장 일반적으로 사용되는 선형조합을 적용하였다. 동일한 척도 단위(0~1)로 표준화한 네 가지 평가요소를 중첩하여 생물다양성 유지 지표 도면을 구축하였다.

2) 기후 조절

산림이 실질적으로 기후를 완화하는 기능은 식생의 이산화탄소 흡수량으로 정량화 할 수 있다(산림청, 2012).

탄소 흡수량을 추정하는 방법에는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 공간자료를 활용하는 방식으로 임상도 등의 산림공간자료를 이용하여 탄소흡수량을 추정하였다.

산림의 탄소 흡수량을 분석하기 위하여 선행연구에서 수행된 연간 탄소흡수량 환산식(박은진 등, 2010)을 사용하였으며 다음과 같다.

$$W_i = a(DBH)^b \quad (2)$$

W_i: 수목 바이오매스

a, b: 상대생장식 계수(a: 활엽수 0.1403, 침엽수 0.1915; b: 활엽수 2.4595, 침엽수 2.1436)

$$Y_i = CF \times X_i \times W_i \quad (3)$$

Y_i: 수목 탄소저장량

CF: 탄소전환계수(0.5)

X_i: 수목개체수

$$U_i = Y_i/age \times 44/12 \quad (4)$$

U_i: 연간 탄소 흡수량(kg_C/yr)

age : 영급

입력 자료로 필요한 임종, 흉고 직경, 식피율, 영급 등의 정보는 임상도(1:5000)에서 추출하였다.

3) 물 조절

물 조절은 산림 토양층 내에 물을 저장하여 나타나는 기능이며 본 연구에서는 김상균 등(2011)에서 제시한 물 저장량 계산 공식으로 물 조절 기능을 추정하였다.

$$\text{물 저장량} = \text{산림 표면적}(m^2)* \text{평균 토심}(cm)*\text{토양 공극률}(\%) \quad (5)$$

이는 모암 및 토양형별 조공극률을 측정하여 평균 토심과 면적을 곱하여 물 저장량을 도출하는 방식이다. 임상도와 산림입지토양도를 이용하여 임상별 임령 및 산림사업에 따른 산림토양의 조공극률 변화를 산출한 후 계량화하였다. 산림의 표면적은 DEM Surface Tool을 이용하여 지표면을 계산하였고 산림의 물 저장 기능의 유효 토심은 공극에 의해 빗물이 침투가 가능한 A층과 B층으로 하였다. 토양 공극률은 수종별 임령에 따라 달라지는 형태를 취하고 있으며 김상균 등(2011)에서 제시한 임상별 토양 조공극률 공식을 참조하였다. 분석 시 필요한 산림 표면적, 토심, 임상, 임령 등의 공간 정보는 임상도, 산지입지토양도, DEM을 활용하여 추출하였다.

3. 보전가치 분석

생물다양성, 탄소흡수, 물조절 지표의 결과 값이 높은 지역과 낮은 지역의 공간 분포를 분석하기 위하여 핫스팟 분석(Hot spot Analysis)을 적용하여 각 지표 높은 값의 군집을 도출하였다. Getis-Ord Gi* 통계 분석은 국지적 공간자기상관의 측정을 통하여 현상의 불균일한 분포 속에서 높은 속성 값의 군집(hot spot)과 낮은 속성 값의 군집(cold spot)을 분류할 수 있다(Getis and Ord, 1996; 김경민, 2012). 이 분석은 생물종의 서식지 경계, 탄소흡수 및 물 조절 기능 값의 공간분포를 군집화하기 위하여 수행하였다.

각 지표의 핫스팟은 생태계 기능이 높은 지역이며 산림 생태적 가치가 높은 지역으로 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 생물다양성 유지, 기후조절, 물조절 지표의 핫스팟을 중첩하여 생태적 보전가치가 높은 산림을 도출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 보전가치 평가 지표 분석 결과

1) 생물다양성 유지

생물다양성 유지지표를 평가하기 위한 각 요소의 분석결과는 Figure 2와 같다.

종풍부도(Richness)는 개별종의 서식지 적합모형 결과를 합산하여 계산하였으며 0-14까지의 범주를 가지며 0-1의 값으로 표준화하였다. 종풍부도는 고도가 상대적으로 낮은 산림에서 높게 나타났다. 1종 이상 서식할 것으로 예측된 지역은 가평군 전체 면적의 88%를 차지하였고, 종풍부도가 가장 높은 14종이 서식할 것으로 예측된 지역은 전체 면적의 0.002%를 차지하였다.

희귀도 분석 결과(Rarity) 0-2.49 사이의 값을 보였으며 6영급 이상의 산림을 중심으로 멸종위기종 풍부도가 높게 나타났다. 멸종위기종 중 삵이 0.67로 가장 작은 희귀도를 나타내고 하늘다람쥐와 담비는 0.91의 희귀도를 보였다.

연결성(Connectivity) 분석 결과 북한강 근처에서 삵의 이동이 거의 불가능한 것으로 나타났고, 대부분 산림 내부에서 높은 연결성을 보이고 있다. 토지피복에 의한 영향은 크지 않지만 가평군을 가로지르는 북한강에 의해 삵의 종단 이동에서 단절이 나타날 것으로 예상된다. 도로에 의한 영향은 전체적으로 크게 나타나지 않으나 북한강 및 조종천과 같은 수역을 따른 도로 부근이나, 도로밀도가 6.3km/km^2 이상인 지역에서는 거의 0에 가까운 연결성을 보이고 있다.

대표성 분석결과(Representation) 광주산맥을 중심으로 자연성이 양호하고 오래된 산림이 분포하는 것으로 나타났다. 이 지역들은 자연환경이나 경관에

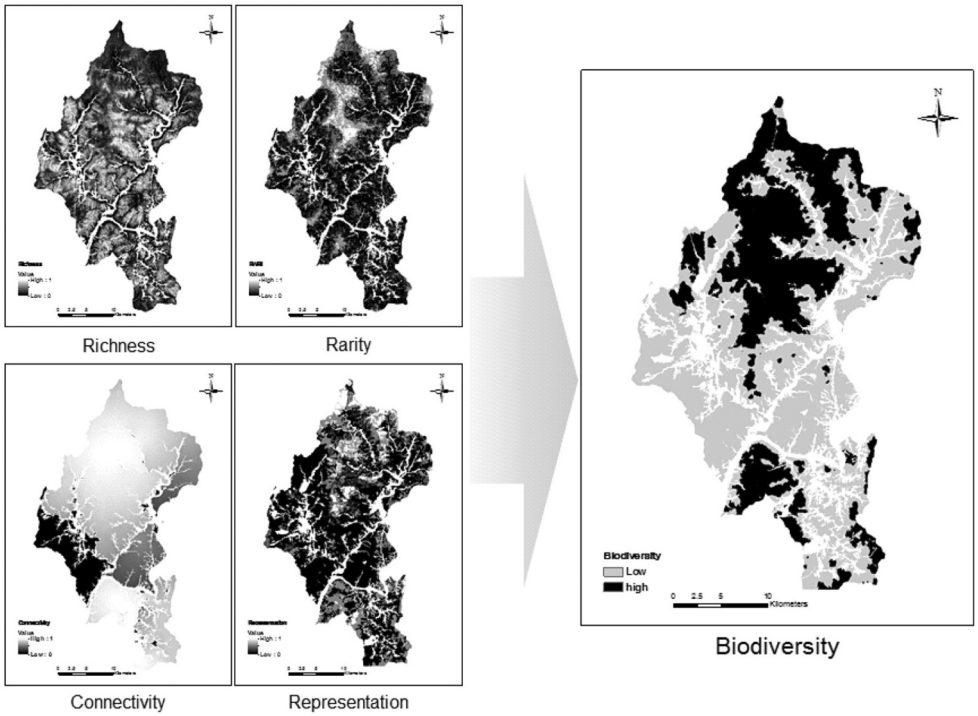


Figure 2. Biodiversity analysis process

서 대표성을 가지는 지역으로 인간의 간섭을 적게 받아 서식지의 내재적 특성을 잘 간직하고 있는 지역으로 볼 수 있다(권혁수, 2011).

4가지 평가 요소 분석 결과를 중첩한 후 hotspot analysis를 통해 군집분석 한 결과를 High, Low로 분류하였다. 지표 값이 높게 나타난 지역(High)은 주로 영급이 높은 산림을 중심으로 분포하는 것으로 나타났다. 지표 값이 낮게 나타난 지역(Low)은 출현종수가 적고 하천 및 개발지역으로 인해 연결이 단절되어 희귀도, 연결성이 낮게 분석되었다.

2) 기후조절

가평군 산림의 탄소흡수량 분석결과 셀 당(30*30m) 연 평균 110kg의 탄소를 흡수하는 것으로 산출되었다. 평균 탄소 흡수량을 1ha의 기준으로 변경하면 연간 약 11t의 탄소를 흡수하는 것으로 산출되었다. 산림청(2012)에서는 수종별 · 임령별로 탄소흡수량을 계산하였으며 우리나라 산림 1ha가 평균 연간 약 10.4t의 탄소를 흡수한다고 발표하였고 이는 본 연구 결과와 근사한 값이다. 다만 본 연구에서는 수종별 · 임령별로 적용한 것이 아닌 침엽수림, 활엽수림으로 구분하여 적용하였기에 오차가 발생할 수 있지만 상대화 시킨 값으로 비교 가능할 것으로 판단된다. 산림 탄소 흡수량 산출결과를 대상으로 높은 값을 가진 지역(high)과 낮은 값을 가진 지역(low)의 공간분포를 분석한 결과 Figure 3(Climate Regulation)에 표시하였다. 높은 값을 가진 지역은 활엽수림 4영급을 중심으로 분포되어 있고 낮은 값을 가진 지역은 5영급에서 7영급의 침엽수림을 중심으로 분포되어 있는 것으로 나타났다.

3) 물 조절

가평군 산림의 물 저장량을 계산한 결과 셀 당(10*10) 최소 5.17t에서 최대 90.4t 까지 분포하는 것으로 나타났다. 분포 특징은 임령이 높은 활엽수림일수록 물저장량이 높게 나타났는데 이는 수원함양기능이 임종, 임상, 영급에 따라 가치가 다르다는 연구결과(村井宏 · 岩崎勇作, 1975)와 일치하다. 또한

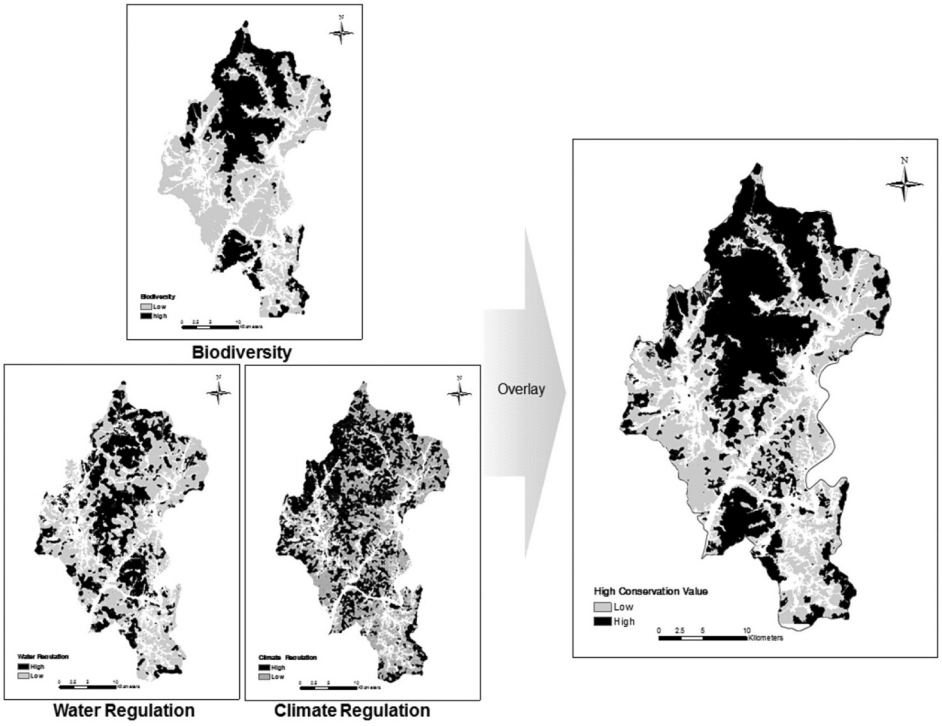


Figure 3. Map of high conservation value forest

개발지역과 멀어질수록 토심, 공극률 및 물저장량이 높은 값을 나타내고 있는데 이는 산림 토양이 개발의 영향을 받는 것을 알 수 있다.

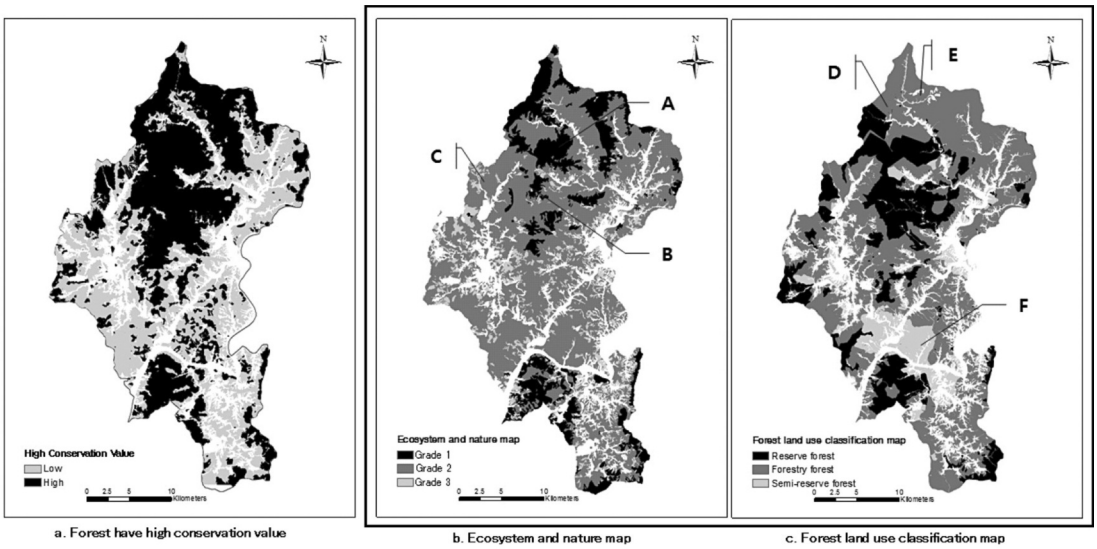
2. 종합결과

생물다양성 유지, 기후조절, 물조절 지표 평가 결과를 중첩한 결과 보전가치가 높은 산림은 가평군 전체 산림의 약 50.1%로 나타났다(Figure 3). 본 연구 결과의 타당성을 검증하기 위해 산림의 보전가치가 평가되고 있는 생태자연도 1등급 지역 분포(b)와 산지구분도 공익용산지 분포(c) 특성을 비교하였다(Figure 4).

본 연구결과에서 보전가치가 높은 산림은 생태자연도의 1등급 지역을 중심으로 더 넓은 지역에 분포되어 있다. 생태자연도는 멸종위기종 출현 지역과 식생보전 등급을 주요한 평가지표로 하였고 본 연구에서도 생물다양성 유지 지표 평가 시 멸종위기종을 고려한 희귀도를 분석하였기에 유사한 분포 결과를 보이고 있다. 그러나 생태자연도에서 1등급 지역인 A지역(명지산; 1,267m)과 B지역(연인산; 1,068m) 사이에 3등급 산림이 분포하여 단절되어 있지만 본 연구에서는 연결되어 있는 것을 볼 수 있다(Figure 4). 이는 본 연구는 종의 이동에 영향을 주는 서식지 연결성을 고려하였기 때문이다. 핵심서식지 사이의 연결은 생물종의 이동 및 개체군의 지속성을 결정(Beazley K *et al.*, 2005)하는 중요한 요소로 생물다양성 유지를 위해 종 분포 특징뿐만 아니라 서식지 구조적인 특징도 같이 고려할 필요가 있다.

C지역(원통산; 567m)은 생물다양성 유지 지표 평가 결과 지표 값이 높게 나타났으며 보전가치가 높은 산림으로 분석되었으나 생태자연도에서는 3등급으로 분류되어 있다. 이 지역은 멸종위기종이 출현하지는 않았지만 다양한 종들의 주요 서식지로 종풍부도가 높게 나타난 지역이다. 종풍부도가 높은 지역은 먹이사슬, 경쟁 등 다양한 상호작용을 나타내며 생태계 안정성을 높여주기에(Palmer M *et al.*, 2004; Hooper DU *et al.*, 2005; Tilman D *et al.*, 2006) 산림의 보전가치를 나타내는데 적합하다고 사료된다.

산지구분도에서는 23.9%가 보전산지로 지정되었고 주로 명지산, 연인산 등 지역에 분포하고 있다. 가평군 북면에 위치한 D지역(국망봉; 1,168)과 E지역(석룡산; 1,153)은 임령이 비교적 높은 수목으로 구성되어 있고, 특히 잣나무림이 분포하여 경제적 가치가 높게 평가되고 있지만, 본 연구에서는 생태적 측면에서도 보전가치가 높은 지역으로 분석되었다. 북한강을 따라 뻗어 있는 F지역(호명산; 632m)은 산지구분



a. Forest have high conservation value b. Ecosystem and nature map c. Forest land use classification map

Figure 4. Compare with the ecosystem and nature map and forest land use classification map

도에서 준보전산지로 보전가치가 낮게 평가되었지만 본 연구에서는 토양, 수목 등 생태계 구조가 우수하여 기후조절, 물조절 측면에서 높은 가치가 있는 것으로 분석되었다. 산지구분도는 합리적인 이용과 보전을 목적으로 구성된 지표를 사용하였지만 본 연구에서는 오로지 산림의 생태적 가치를 평가하기 위한 지표를 적용하였기에 목적에 따른 차이점이라 볼 수 있다.

IV. 결 론

현행 산지특성평가는 산림의 생태계 측면보다는 임업생산 측면에 더 치우친 경향이 있다. 본 연구는 산림의 생태계 서비스를 반영하여 보전 가치를 평가함으로써 가평군의 50.1% 산림이 생태적 가치가 높은 것으로 나타났다. 특히 임업용으로 분류된 임령이 높은 인공림은 경제적 가치도 높지만 생태적인 측면에서도 중요한 역할을 하고 있는 것으로 보인다. 이 연구에서는 연구 대상지를 전국이 아닌 가평군으로 적용 하였기에 분석 결과는 가평군에 특화된 도면이나 분석 방법은 전국 단위에서도 적용 가능할 것으로 예상한다. 본 연구는 산림의 경제적, 문화적 가치가 아닌 생태적 가치를 평가한 연구이다. 따라서 이는 산림의 전체 보전가치를 대표하기에는 한계가 있지만 추후 산림생태계 영향평가 방안 수립의 기초연구로서 의의가 있다. 다만 생물다양성 유지 서비스와 기후조절, 물 조절 세 가지 지표를 동일한 기준에서 평가한 것은 본 연구의 한계점이며 산림 생태계의 전체 가치를 평가하기 위하여 다양한 생태계 서비스 지표의 구축과 우선순위에 대한 연구가 필요한 것으로 보인다.

생태계 서비스를 고려한 산림 보전가치평가는 산림을 임업생산 등과 같은 이용목적의 산림에서 산림 생태계의 지속가능한 체계 마련에 유용할 것으로 보인다. 본 연구에서 제시한 산림 생태계 보전가치평가는 기존의 물리적 평가요소만을 고려한 산림 전용에서 비롯되는 문제를 해결하여 산림관리의 효율성 제고에 활용가능 할 것으로 사료되며 우리나라의 대부분을 차지하고 있는 산림의 보전과 국토의 효율적인 이용에 있어 산림 지속가능한 이용에 도모할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 산림청 “산림과학기술개발사업(과제번호: S111415L050110)”과 “2015년도 BK21 플러스 사업(서울대학교 협동과정조경학 그린인프라 창조 인재 양성팀)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

인용문헌

강완모, 김지원, 박찬열, 성주한. 2014. 국내 7대 광역시 산림 연결성 비교 분석, 한국농림기상학회지, 16(2), 93-102.

김상균. 2011. 산림환경서비스 지불제 연계를 고려한 산림공익기능평가기법 개발 연구, 산림청.

권순덕, 박영규, 김은희. 2008. GIS를 이용한 산림기능구분에 관한 연구-춘양 국유림 산림경영계획구를 대상으로, 한국지리정보학회지, 11(4), 10-21.

권혁수. 2011. 보호지역 계획을 위한 생물다양성 통합평가모형-지리산과 덕유산, 가야산 권역을 대상으로, 박사학위논문, 서울대학교.

김경민. 2012. 생장모델과 GIS를 이용한 소나무림 탄소저장량 공간 분포 추정및 불확실성 평가 충북 단양지역을 대상으로, 박사학위논문, 서울대학교.

김종호, 이경학, 박찬우, 서정원, 손영모, 김경하, 윤호중, 박찬열, 이승우, 오정수. 2006. 산림의 공익기능 평가, 한국산림휴양학회지, 10(2), 7-15.

김지연, 권혁수, 서창완, 김명진. 2014. 전국단위의 포유류 생물다양성우수지역 분석 연구, 환경영향평가학회지, 23(6), 453-465.

박은진, 강규이. 2010. 경기도 도시가로수의 탄소저장량과 연간 이산화탄소 흡수량 산정, 한국환경생태학회지, 24(5), 591-600.

산림청. 2012. 주요 산림수종의 표준 탄소흡수량.

서창완, 박유리, 최윤수. 2008. 위치자료의 종류에 따른 생물종 분포모형 비교 연구, 지형공간정보, 16(4), 59-64.

송원경, 김은영, 이동근. 2012. 이질적 경관에서의 연결성 측정: 리뷰 및 적용, 환경영향평가, 21(3), 391-407.

이도원. 2001. 경관생태학-환경계획과 설계, 관리를 위한 공간 생리, 서울: 서울대학교 출판부.

이동근, 송원경. 2008. 삵의 서식지 적합성 평가를 위한 분석단위 설정 및 보전지역 선정: 충청도 지역을 중심으로, 한국조경학회지, 36(5), 64-72.

이종열, 주효진, 노지영. 2010. 계층분석법(AHP)을 활용한 산림가치 우선순위에 관한 연구, 한국정책연구, 10(3), 301-317.

정승규. 2014. 수변 코리더 연결성 평가모형(RHSM)-강원도 섬강유역을 사례로, 박사학위논문, 서울대학교.

조윤숙. 2014. 산림자원 및 산림의 공익기능량 추정을 위한 시스템다이내믹스 모형 개발, 한국시스템 다이내믹스 연구, 15(3), 5-36.

최태영, 박종화. 2004. 설악산 국립공원내 산양의 잠재 서식지 적합성 모형: 다기준평가기법과 퍼지집합의 도입을 통하여, 한국조경학회지, 32(4), 28-38.

한국환경정책 · 평가연구원. 2004. 생태자연도 활용에 있어 식생보전등급 적용 방안 연구, 환경부.

환경부. 2013. 국토환경성평가지도 평가항목 및 평가기준.

Beazley K, Smandych L, Snaith T, Mackinnon F, Austen-Smith JP, Duinker P. 2005. Biodiversity consideration in conservation system planning: Map-based approach for Nova Scotia, CANADA, Ecological Applications, 15(6), 2192-2208.

Bugalho MN, Dias FS, Brinas B, Cerdeira JO. 2015. Using the high conservation value forest concept and Pareto optimization to identify areas maximizing biodiversity and ecosystem services in cork oak landscape, Agroforestry Systems, doi: 10.1007/s10457-015-9814-x.

Condit R, Pitman N, Leigh EG, Chave J, Terborgh J, Foster RB, Nunez P, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau HC, Losos E, Hubbell SP. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees, Science, 295(5555), 666-669.

Getis A, Ord JK. 1996. Local spatial statistics: an overview in Longley, P. and Batty, M (eds.), Spatial analysis: modelling in a GIS environment, Cambridge: GeoInformation International, 261-277.

Grassman JLI, Tewes ME, Silvy NJ, Kreetiyutanont K. 2005. Spatial organization and diet of the leopard cat (Prionailurus bengalensis) in north-central Thailand, Journal of Zoology (London), 266, 45-54.

Hanski I. 1999. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes, Oikos, 87(2), 209-219.

Hooper DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Lodge DM, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setala H, Symstad AJ, Vandermeer J, Wardle DA. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge, Ecological Monographs, 75, 3-35.

Legendre P, Borcard D, Peres-Neto PR. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data, Ecological Monographs, 75(4), 435-450.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities, Nature, 403, 853-858.

Palmer M, Bernhardt E, Chornesky E, Collins S, Dobson A, Duke C, Gold B, Jacobson R,

Kingsland S, Kranz R, Mappin M, Martinez ML, Micheli F, Morse J, Pace M, Pascual M, Palumbi S, Reichman OJ, Simons A, Townsed A, Turner M. 2004. Ecology for a crowded planet, Science, 304, 1251-1252.

Philips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological modelling, 190, 231-259.

Primack RB. 2003. A primer of conservation biology, Sinauer.

Rayden T. 2008. Assessment, management and monitoring of High Conservation Value Forest(HCVF): A practical guide for forest managers, ProForest, Oxford.

Soule ME. 1986. Conservation biology: the science of scarcity and diversity. Conservation biology: the science of scarcity and diversity.

Taylor PD, Fahrig L, Henein K, Merriam G. 1993. Connectivity is a element of landscape structure, Oikos, 68(3), 571-573.

Thorne JH, Roth N, Boynton R. 2014. The San Joaquin Valley Greenprint State of the Valley.

Tilman D, Reich PB, Knops JMH. 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment, Nature, 441, 629-632.

村井 宏, 岩崎勇作. 1975. 森林狀態的差異對地表逕流, 滲透以及沖蝕的影響, 陳信雄譯, 國立台灣大學森林學系防砂工程學研究室.

References

Beazley K, Smandych L, Snaith T, Mackinnon F, Austen-Smith JP, Duinker P. 2005. Biodiversity consideration in conservation system planning: Map-based approach for Nova Scotia, CANADA, Ecological Applications, 15(6), 2192-2208.

Bugalho MN, Dias FS, Brinas B, Cerdeira JO. 2015. Using the high conservation value forest concept and Pareto optimization to identify areas maximizing biodiversity and ecosystem services in cork oak landscape, Agroforestry Systems, doi: 10.1007/s10457-015-9814-x.

Cho YS. 2014. Development of a System Dynamics Model for Estimating the Volume of Forest Resources and Function of Public Benefit, Korean System Dynamics Review, 15(3), 5-36.

Choi TY, Park JH. 2004. Korean Groal Potential Habitat Suitability Model at Soraksan National Park Using Fuzzy Set and Multi-Criteria Evaluation, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 32(4), 28-38.

Condit R, Pitman N, Leigh EG, Chave J, Terborgh J, Foster RB, Nunez P, Aguilar S, Valencia R, Villa G, Muller-Landau HC, Losos E, Hubbell SP. 2002. Beta-diversity in tropical forest trees, Science, 295(5555), 666-669.

Getis A, Ord JK. 1996. Local spatial statistics: an overview in Longley, P. and Batty, M (eds.), Spatial analysis: modelling in a GIS environment, Cambridge: GeoInformation International, 261-277.

Grassman JLI, Tewes ME, Silvy NJ, Kreetiyutanont K. 2005. Spatial organization and diet of the leopard cat (Prionailurus bengalensis) in north-central Thailand, Journal of Zoology (London), 266, 45-54.

Gwon HS. 2011. Integrated Evaluation Model of Biodiversity for Conservation Planning:

Focused on Mt. Jiri, Mt. Deokyu and Mt. Gaya regions, Doctoral dissertation, Seoul National University, Korea.

Hanski I. 1999. Habitat connectivity, habitat continuity, and metapopulations in dynamic landscapes, Oikos, 87(2), 209-219.

Hooper DU, Chapin FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Lodge DM, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setala H, Symstad AJ, Vandermeer J, Wardle DA. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: A consensus of current knowledge, Ecological Monographs, 75, 3-35.

Jeong SK. 2014. Evaluation Model of Riparian Corridor Connectivity: A case Study of Seom River Basin, Gangwon-do, Doctoral dissertation, Seoul National University, Korea.

Kang WM, Kim JW, Park CR, Sung JH. 2014. Comparing Connectivity in Forest Networks of Seven Metropolitan Cities of South Korea, Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 16(2), 93-102.

Kim JH, Lee KH, Park CW, Seo JW, Son YM, Kim KH, Youn HJ, Park CR, Lee SW, Oh JS. 2006. Nonmarket valuation of forest resources in Korea, The Journal of Korean Institute of Forest Recreation, 10(2), 7-15.

Kim JY, Kwon HS, Seo CW, Kim MJ. 2014. A nationwide analysis of mammalian biodiversity hotspots in South Korea, Journal of Environmental Impact Assessment, 23(6), 453-465.

Kim KM. 2012. Spatially explicit estimation and the uncertainty analysis of carbon stocks in pine forest using growth model and GIS, Doctoral dissertation, Seoul National University, Korea.

Kim SG. 2011. A study on the development of the methodology to value the social and environmental benefits of forests, connected with payment scheme for forest ecosystem services, Korean Forest Services.

Kwon SD, Park YK, Kim EH. 2008. Study on Forest Functions Classification using GIS-Chunyang National Forest Management Planning, Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 11(4), 10-21.

Korea Forest Research Institute. 2012. Carbon Emission Factors and Biomass Allometric Equations by Species in Korea, Korean Forest Service.

Korean Environmental Institute. 2004. The Study of Vegetation Conservation Ratings Apply for Ecosystem and Nature Map, Ministry of Environment.

Lee DK, Song WK. 2008. A study on the Analytic Unit of Habitat Suitability Assessment and Selection in Conservation Areas for Leopard Cat(Prionailurus bengalensis)-Focus on Chungchenong Province Area, Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture, 36(5), 64-72.

Lee DW. 2001. Landscape Ecology, Seoul: Seoul National University Press.

Lee JY, Ju HJ, Roh JY. 2010. Research on Priority of Forest Values based on AHP, Korean Policy Studies, 10(3), 301-317.

Legendre P, Borcard D, Peres-Neto PR. 2005. Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data, Ecological Monographs, 75(4), 435-450.

Ministry of Environment. 2013. Indicators and Standard of Korean Environmental Conservation Value Assessment Map.

Murai H, Isamu I. 1975. The impact of surface runoff, infiltration and erosion in different forest status, School of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities, Nature, 403, 853-858.

Palmer M, Bernhardt E, Chornesky E, Collins S, Dobson A, Duke C, Gold B, Jacobson R, Kingsland S, Kranz R, Mappin M, Martinez ML, Micheli F, Morse J, Pace M, Pascual M, Palumbi S, Reichman OJ, Simons A, Townsed A, Turner M. 2004. Ecology for a crowded planet, Science, 304, 1251-1252.

Park EJ, Kang GY. 2010. Estimation of C Storage and Annual CO2 Uptake by Street Trees in Gyeonggi-do, Korean Journal of Environment and Ecology, 24(5), 591-600.

Primack RB. 2003. A primer of conservation biology, Sinauer.

Rayden T. 2008. Assessment, management and monitoring of High Conservation Value Forest(HCVF): A practical guide for forest managers, ProForest.

Seo CW, Park YR, Choi YS. 2008. Comparison of Species Distribution Models According to Location Data, The Korea Society for Geospatial Information System, 16(4), 59-64.

Song WK, Kim EY, Lee DK. 2012. Measuring Connectivity in Heterogenous Landscapes: a Review and Application, Journal of Environmental Impact Assessment, 21(3), 391-407.

Soule ME. 1996. Conservation biology: the science of scarcity and diversity, Conservation biology: the science of scarcity and diversity.

Taylor PD, Fahrig L, Henein K, Merriam G. 1993. Connectivity is a element of landscape structure, Oikos, 68(3), 571-573.

Thorne JH, Roth N, Boynton R. 2014. The San Joaquin Valley Greenprint State of the Valley.

Tilman D, Reich PB, Knops JMH. 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment, Nature, 441, 629-632.

Philips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions, Ecological modelling, 190, 231-259.