

## GIS 및 RS를 이용한 소나무림 식생탄소저장능력의 공간분포 특성규명

### Up-scaling Vegetation Carbon Storage Distribution Map of Pinus densiflora Stands from Plot to Landscape Level using GIS/RS

김태민<sup>1\*</sup> · 송철철<sup>2</sup> · 이우균<sup>1</sup> · 손요환<sup>1</sup> · 배상원<sup>3</sup> · 김춘식<sup>4</sup>

Kim, T. M.<sup>1\*</sup>, Song, C. C.<sup>2</sup>, Lee, W. K.<sup>1</sup>, Son, Y.<sup>1</sup>, Bae, S. W.<sup>3</sup>, Kim, C. S.<sup>4</sup>

#### Abstract

산림은 탄소저장능력이 있어 대표적인 온실가스인 이산화탄소를 저감시킨다. 따라서 산림의 탄소저장능력 특성을 규명하고 그것을 산림경영에 반영함으로써 온실가스 저감이라는 국제적 노력에 동참하는 수단으로 활용할 수 있다.

일반적으로 임분에서의 탄소저장능력(Carbon Storage, CS)은 식생탄소저장능력(Vegetation Carbon Storage, VCS)과 토양탄소저장능력(Soil Carbon Storage, SCS)의 합으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 우리나라 대표적인 자생수종인 소나무림 VCS의 공간분포를 지엽적 범위(spot level)에서 광역적 범위(regional level)로 확대하여 그 특성을 규명하는 방법을 제시하고자 한다.

지엽적 범위의 조사 및 연구에서 VCS는 임목의 흉고직경(Diameter at Breast Height)과 밀접한 관계가 있는 것으로 확인되었다. 이러한 관계와 Quickbird 고해상도 위성영상에서 추출한 소나무림 공간분포도를 이용해 경관범위(landscape level)에서 소나무림 탄소저장능력의 공간분포를 추정할 수 있었으며, 그 결과를 GIS 및 RS를 통해 광역적 범위로 확대하였다.

## 1. 서 론

기후변화협약에 따른 온실가스 감축목표를 달성하기 위해 구체적 이행방안을 규정하고 있는 교토의정서는 온실가스 감축의

추가, 보조적인 수단의 하나로 탄소흡수원(carbon sink)의 활용을 제시하고 있다. 이에 따라 국내에서는 국립산림과학원을 중심으로 관련연구 및 통계구축사업이 이루어지고 있으며, 산림청에서는 ‘탄소흡수원

<sup>1</sup> 고려대학교 환경생태공학과 Department of Environmental Science & Ecological Engineering, KOREA University (E-mail: taemn.kim@gmail.com)

<sup>2</sup> 고려대학교 환경GIS/RS센터 Environmental GIS/RS Center, KOREA University

<sup>3</sup> 국립산림과학원 산림생산기술연구소 Forest Practice Research Center, Korea Forest Research Institute

<sup>4</sup> 국립진주산업대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, JINJU National University

10년 계획(2005)’을 수립하는 등 탄소흡수원 확충을 위한 노력이 추진되고 있다.

산림은 대표적인 탄소흡수원으로, 식물의 광합성과과정에서 이산화탄소가 탄소로 전환되어 바이오매스나 토양에 저장된다. 따라서 산림의 탄소저장능력(Carbon Storage, CS)은 식생탄소저장능력(Vegetation Carbon Storage, VCS)과 토양탄소저장능력(Soil Carbon Storage, SCS)의 합으로 구할 수 있다. 이렇게 산출한 CS의 공간분포 특성은 산림경영계획 수립에 활용 탄소흡수원으로서 산림의 효과를 극대화 시키는 것이 필요하다.

우리나라 산림에서 구성비율이 가장 높은 단일수종은 자생수종인 소나무이며 따라서 우리나라 산림의 CS를 예측하고 그에 맞게 산림을 조성 및 관리하기 위해 소나무림 VCS의 공간분포 특성파악이 필수적이다. 이에 따라 본 연구에서는 위성영상을 이용해 소나무림의 공간분포를 파악하고 그 안에서의 측정된 VCS를 GIS에서 광역적 범위로 확대하는 방법을 제시하고자 한다.

## II. 자료 및 방법

### 1. 연구대상지 현황

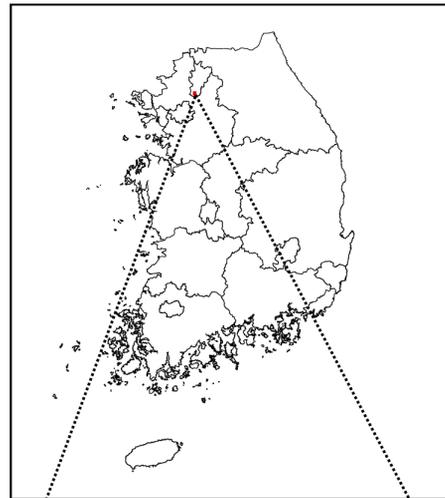
경기도 포천시 가산면과 소흘읍, 가산면, 내촌면에 걸쳐 위치한 1828ha에 달하는 지역을 대상으로 연구를 수행하였다(그림 1.a). 해당 지역은 전체 면적의 약 76%가 산림이며 그 중 78%가 100~400m의 높이에 위치하고 90%가 30° 이하의 경사를 갖는다.

### 2. 이용 자료 및 프로그램

대상지역의 산림분포를 파악하고 소나무림을 추출하기 위해 2005년 4월 5일 취득된 0.6m해상도의 Quickbird 위성영상(그림 1.b)을 Leica Geosystems의 ERDAS IMAGINE

9.1에서 처리 및 분석하였다.

소나무림의 지형인자를 분석하고 DBH분포 특성을 확인하기 위해 수치지도와 임상도의 경급자료를 각각 ArcView GIS 3.2와 ArcMAP에서 이용하였으며, Excel에서 DBH와 VCS, 생체량 측정자료를 토대로 경급에 따른 VCS를 산출할 수 있었다.



(a)



(b)

[그림 1] (a)연구대상지, (b)Quickbird위성영상

### 3. 연구방법

#### 1) 소나무림의 공간분포 및 경급 확인

위성영상을 IMAGINE에서 ‘소나무/기타 침엽수/활엽수/기타’의 4개 항목으로 먼저 감독분류한 후(그림 2.a), ArcMAP에서 ‘reclassify’ tool을 이용해 소나무 value만 ‘1’, 나머지 value는 ‘NoData’로 지정하여 소나무림을 추출했다(그림 2.b).

지형인자 분석을 위해 수치지도에서 등고선을 추출하고 ‘3D Analyst’ Tool을 이용해 표고, 방위, 경사를 생성했다. 그 결과를 추출한 소나무림 Raster와 ‘Spatial Analyst’에서 Calculate하여 소나무림의 지형인자를 나타냈다. 또한 각 지형인자 별 소나무림의 출현빈도를 식 1.을 이용하여 분석하였다.

$$\text{출현빈도(\%)} = \frac{\text{소나무림 면적}}{\text{전체 산림면적}} \times 100$$

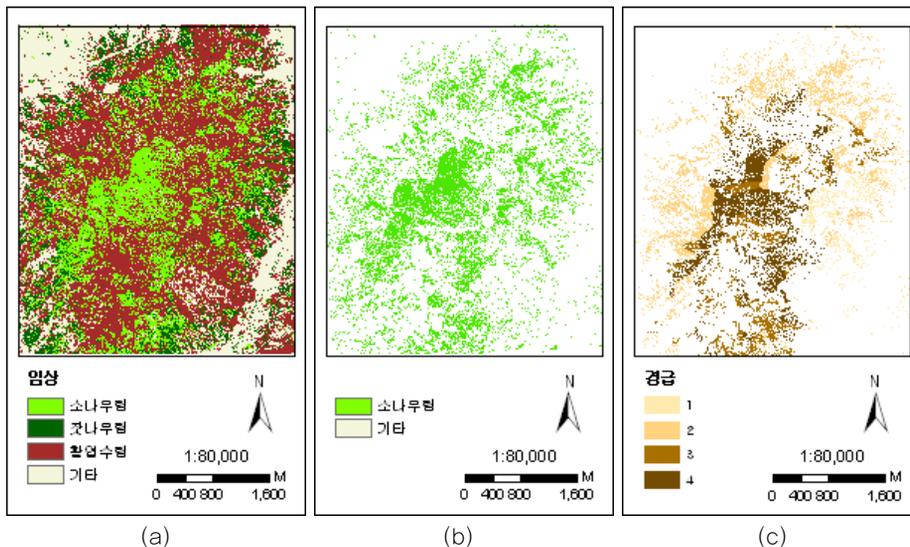
..... 식 1.

Feature형태인 임상도는 ‘Conversion’ Tool

을 통해 경급 기준으로 Raster화하고 위성영상에서 추출한 소나무림과 ‘Raster Calculate’하여 소나무림의 경급분포를 확인하였다(그림 2.c). 또한 실제 조사구의 매목조사 결과와 비교하여 경급변화를 반영하였다.

#### 2) 경급분포에 따른 VCS의 추정

연구대상지 내에서 지형과 방위 등 여러 입지환경인자를 고려하여 20m × 20m 크기의 조사구를 임분 밀도 별 총6지점으로 선정하였다. 각 조사구에서는 매목조사를 한 후 임상도의 경급자료와 비교하여 차이를 반영하였다. 또한 소나무 임분을 대상으로 개발된 건중량 추정 회귀식(박인협과 김준선 1989, 이석면 1990)을 통해 임목의 바이오매스를 계산했다(식 2.). 그 값은 다시 일반적으로 사용되는 바이오매스-탄소저장량 전환식인 식 3.에 적용하여 최종적으로 VCS를 산출할 수 있었다. 전환식에서 전환계수는 정부간기후변화위원회(Intergovernmental Panel for Climate Change)에서 임상 별로



[그림 2] (a)임상분류, (b)소나무림 분포, (c)소나무림의 경급분포

제시한 값을 사용하였다.

$$\log W = 2.523 + 1.99 \times \log D \dots\dots \text{식 2.}$$

W = 임목의 바이오매스

D = DBH

$$\text{VCS} = W \times 0.5 \dots\dots\dots \text{식 3.}$$

0.5 = IPCC에서 권고하는 전환계수

### 3) 광역적 범위로의 확대

산출된 VCS를 광역적 범위로 확대시켜 추정하기 위해 먼저 소나무림 경급분포 Raster를 Vector화시켰다. 전환된 file의 속성 table

〈표 1〉 지형인자 별 소나무림 출현빈도

지형인자	출현빈도(%)	
경사(*)	<1	19
	1-15	21
	16-30	29
	31-45	30
	46-60	29
	61-75	28
	76-90	58
	합계	27
방위	동	26
	서	29
	남	28
	북	24
	합계	27
표고(m)	1-100	11
	101-200	13
	201-300	24
	301-400	32
	401-500	36
	501-600	50
	601-700	55
	합계	27

에는 DBH field와 VCS field를 추가하여 DBH field에는 경급 분류범위의 중앙값을, VCS field에는 DBH에 따라 추정된 VCS값을 부여했다. 속성을 모두 지정한 후에는 소나무림 VCS의 공간분포 특성을 확인하기 위해 VCS값에 따라 소나무림을 분류하였다. 또한 대상 산림 전체의 VCS를 확인하기 위해 DBH값에 따른 VCS의 총합을 산출하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 연구대상지 내의 소나무림 분포특성

대상지역 산림 전체에서 소나무림의 구성비율은 약27%정도로 나타났다. 지형인자에 따른 출현빈도는 강사와 방위에 따라 비교적 고르게 나타났지만 표고에 따른 결과에서는 표고가 높을수록 소나무림의 출현빈도 또한 증가하는 경향을 보였다(표 1.). 이는 소나무가 활엽수를 비롯한 기타 수종에 비해 높은 고도에서의 성장능력이 강함을 보여준다.

### 2. DBH에 따른 VCS의 평가

경급에 따라 지정한 DBH 대표값을 건중량 추정 회귀식(박인협과 김준선 1989, 이석면 1990)과 바이오매스-탄소저장량 전환식을 통해 VCS값으로 전환한 결과는 다음과 같다.

〈표 2〉 경급에 따라 지정한 DBH와 그에 따른 VCS

경급	DBH(cm)	VCS(tC/ha)
1	3	1484
2	11	19694
3	23	85469
4	33	175312

### 3. 대상 소나무림의 등급 및 VCS 분포

연구에 사용한 임상도의 등급자료를 조사구에서 실시한 매목조사 수치와 비교해 본 결과 1등급 정도의 차이를 나타냈다. 이는 임상도가 1986년에서 1992년 사이에 조사된 3차 임상도이므로 현재까지 수목의 생장에 따른 결과로 사료된다. 따라서 임상도에 매목조사와의 차이를 반영하여 대상 소나무림 전체의 VCS를 DBH 별로 계산하였다(표 3.). 이 결과는 향후 다른 수종의 임분에서도 이루어질 연구결과와 비교하여 조림계획 수립 시 반영되어야 할 것이다.

〈표 3〉 DBH 별 VCS 총합

DBH(cm)	VCS의 총합(tC/ha)
3	99312456
11	4714234346
23	6831191760
33	14093893326

## IV. 결 론

본 연구는 지역적 범위에서 조사되고 있는 탄소저장능력을 GIS와 RS를 이용하여 광역적 범위로 확대하는 방법 및 과정제시에 목적을 두고 수행되었다.

필요자료 및 모델은 기존 연구결과를 주로 이용함에 따라 DBH와 바이오매스의 정확도가 떨어지며 추정치에 대한 검정이 이루어지지 않았다는 한계를 지닌다. 또한 바이오매스를 VCS로 전환하는 과정에서 IPCC에서 권고한 전환계수를 사용했으므로 우

리나라 소나무림의 특성을 반영한 고유값으로 보기 어렵다.

이런 한계점을 개선하기 위해 DBH, 바이오매스, 탄소저장능력에 대한 조사와 검정이 필요하며, 우리나라 산림고유의 전환계수 개발이 이루어져야 할 것이다.

탄소흡수원으로서 산림의 역할을 명확히 하고 온실가스 저감수단으로 활용하기 위해서는 본 연구에서 수행한 VCS의 공간분포 특성규명뿐만 아니라 서론에서 언급한 바 있는 SCS에 대한 연구가 추가로 수행되어야 한다.

## 참고문헌

- [1] Jiarui Donga, Robert K. Kaufmanna, Ranga B. Mynenia, Compton J. Tuckerb, Pekka E. Kauppica, Jari Liskid,e, Wolfgang Buermanna, V. Alexeyevf, Malcolm K. Hughesg. 2003. Remote sensing estimates of boreal and temperate forest woody biomass: carbon pools, sources, and sinks, Remote sensing of Environment 84 (2003) : pp. 393-410.
- [2] 서정호, 이경학, 손영모, 임종환, 배재수, 유동현, 노종환. 2006. 지구온난화와 산림 그리고 탄소나무 계산기. 국립산림과학원. p. 96.
- [3] 이경학. 2007. 탄소흡수원 기술·정책 및 인벤토리 연구. 교토의정서 발표 2주년 학술 심포지움: 기후변화협약 협상동향 및 산림부문 대응방향. pp. 55-98.
- [4] 이경학, 임재규. 2004. 기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반구축연구 (제1차년도) - 임업부문 온실가스 통계작성에서의 IPCC 우수실행지침 적용성 분석 -. 에너지경제연구원. p. 147.