

GIS와 행정정보를 이용한 교토의정서 제3조 3항 산림전용지의 공간패턴 및 탄소배출량 분석

이정수* · 박동환

강원대학교 산림환경과학대학 산림경영학과

Analysis of Spatial Patterns and Estimation of Carbon Emissions in Deforestation using GIS and Administrative Data

Jung-Soo LEE*, and Dong-Hwan Park

Department of Forest management, College of Forest and Environmental Sciences,
Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon, Korea

ABSTRACT : This study purposed to analyze the spatial pattern and the amount of carbon emission at the deforestation area in Gangwondo. Forest geographic information system(FGIS) and administrative data were used in the analysis. The area size and spatial patterns of deforestation area were analyzed according to the article 3.3 of Kyoto protocol. Forest administration data for 9 years from 2000 to 2008 were entered into a database. Fifty-nine percent of deforestation area was found within 200m of the road network, and seventy-five percent of the area was found within 500m. Theoretical carbon emission based on deforestation area was estimated at 6,968tc. Carbon emission of national forest was 5.7times higher than that of private forest.

Keywords : Kyoto protocol, Deforestation, GIS, Biomass

서 론

지구온난화에 대처하기 위해 1994년 기후변화협약(UNFCCC; United Nations Framework Convention on Climate Change)이 발효됨에 따라, 제3차 당사국회의에서 선진국에게 구속력 있는 온실가스 감축 목표를 부여한 교토의정서가 채택되었다. 우리나라의 경우, 부속서 I국가가 아니므로 현재는 온실가스 감축의무가 없지만, 제2차 공약기간인 2013년엔 감축의무부담을 받을 것으로 확실시 된다(Soon-Duck Kwon et al, 2005; Yeong-Mo Son et al, 2006a; Kyeong-Hak Lee et al, 2001; Ministry of Environment, 2008).

한편, 교토의정서의 3조 3항 및 3조 4항에서는 산림흡수원 관련 조항을 규정하고 있으며, 이 중 3조 3항은 1990년 이후 실시 된 신규조림(afforestation), 재조림(reforestation), 산림전용(deforestation)으로 구분되며, 3조 4항은 산림경영

활동에 관하여 정의하고 있다. 신규조림은 과거 50년간 산림이 아니었던 토지를 직접적, 인위적으로 인공 산림으로 전환하는 것을 말하며, 재조림은 과거에 산림이었으나 비산림으로 전환되어 있던 토지를 직접적, 인위적으로 산림으로 전환하는 것을 의미한다. 한편, 산림전용은 직접적이고 인위적으로 산림을 산림 이외의 용도로 전환하는 것을 말한다(IPCC, 2001). 특히, 산림전용은 산림의 고유기능인 산림흡수원으로서의 역할이 줄어들어, 이산화탄소 배출원 관점에서 심각성이 있다(Korea Forest Service, 2008). 이런 시점에서 정부는 기후변화에 대응하기위한 종합대책을 발표하고, 산림청은 2022년까지 숲가꾸기사업 증진을 통해 전체 산림 중 약 625만 ha에 대하여 흡수원으로 인정받는 “탄소흡수원 확충 기본계획”을 추진 중이나 국제기준에 만족하는 구체적 대응방안이 부족한 실정이다(Korea Forest Service, 2008; Eui-Gyeong Kim, 2007).

* Corresponding author: (E-mail) jslee72@kangwon.ac.kr

최근 연구동향을 보면, 기후변화에 대응하기 위하여 산림바이오매스 탄소계수를 산정에 관한 연구와 함께, 산지전용 및 숲가꾸기정보에 관한 통계정보를 이용하여 국가레벨의 산림탄소흡수원 및 배출량 산출에 관한 연구가 진행되고 있으나, 공간적인 산림흡수원 평가에 관한 연구는 미비한 실정이다(Soon-Duck Kwon et al, 2005; Yeong-Mo Son, 2006b,c; Yeong-Mo Son et al, 2007a,b; Jung-Soo Lee et al, 2008; Dong-Hwan Park et al, 2009).

한편, Post2012년 속하게 될 것으로 예상되는 우리나라는 국제적 기준에 맞는 정확하고 신뢰성 있는 온실가스 흡수/배출 통계를 보고할 필요가 있다. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 우수실행지침에서는 국가별 온실가스 통계의 오차 및 불확실성을 감소시키기 위하여, 산림, 농경지, 초지 등이 포함된 토지의 이용형태별 면적 산출방법과 함께, 기후변화협약에 따른 온실가스 통계 인벤토리의 흡수량 및 배출량을 추정하기 위한 방법론을 각각 3단계의 수준으로 구분하여 정의하고 있다. 그러나, 우리나라는 통계자료에 기초한 토지이용형태 간 면적변화를 살펴보는 접근방법 2와, 국가 고유의 배출계수와 활동자료를 구축해나가는 수준 2에 머물고 있는 실정이다. 앞으로 다가올 Post2012에 능동적으로 대응하기 위해서는 FGIS와 연계된 토지이용면적 변화량 산출과 함께 국제기준에 부합하는 온실가스통계 조사체계 확립이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 IPCC 우수실행지침에 따른 토지이용형태별 면적 산출방법 중 지리정보를 이용하여 토지이용면적 변화를 분석하는 접근방법 3을 바탕으로 교토의정서에서 인정하는 제 3조 3항 중 산림전용지의 시간변화에 따른 목적별 공간패턴분석과 산림전용에 따른 탄소 배출량 산출을 목적으로 하였다.

대상지 및 사용정보

1. 연구대상지

전국에서 가장 임야율이 높은 강원도 인제군을 연구대상지로 선정하였다. 총면적은 약 164천 ha이며, 그중 약 88%가 산림으로 구성되어 있으며, 지리적으로는 동경 127°59' - 128°32', 북위 37°21' - 37°36'에 위치하고 있다. 산림 소유구분에 의하면, 국유림과 사유림은 각각 약 71%와 23%로 구성되어 있어, 강원도의 국·사유림 비율보다 약 20% 높다. 또한, 임상분포는 활엽수림 약 38%, 혼효림 약 37%,

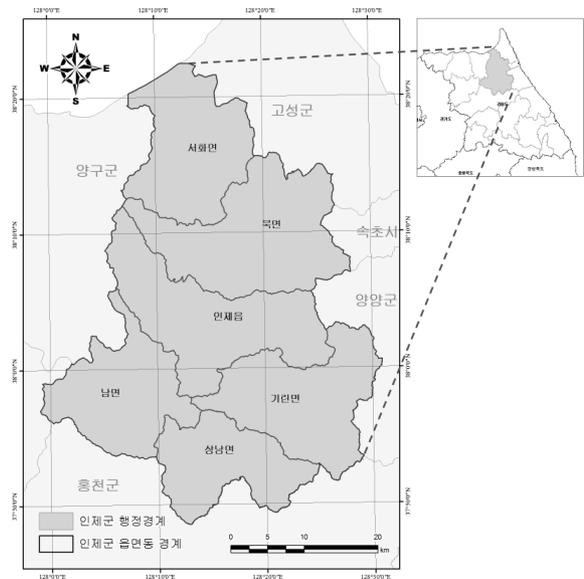


Fig. 1. Study area

침엽수림 약 24%의 순이며, IV영급 이상 임지의 비율이 약 69%로 구성되어 있어, 강원도의 시·군 중 가장 높다(Fig. 1)(InJe-Gun, 2007). 한편, 2008년 통계연보에 의한 산업구성율을 보면, 1차산업 약 9%, 2차산업 2%, 3차산업 89%로 구성되어있다(Korea Forest Service, 2008).

2. 사용정보 및 DB구축

대상지 분석을 위해 행정정보와 FGIS 정보를 이용하였다. 행정정보는 인제군청, 인제군 국유림관리소에서 제공받은 2000년에서 2008년까지 9년간의 산지전용허가대장, 2007년 인제군 통계연보, 2008년 임업통계연보를 이용하였다. 또한, FGIS정보는 산림청으로부터 제공받은 1:25000 축척의 수치임상도, 행정구역도, 도로망도, 임도망도와 국토지리정보원에서 제공받은 수치지형도를 이용하였다. 또한, ESRI사의 ArcGis 9.3을 사용하여 산지전용지에 대한 공간패턴 분석과 산지전용에 따른 탄소배출량을 산출하였다.

연구방법

산림전용지의 공간적 위치를 파악하기 위하여, 산림전용대장에 기재된 전용 정보를 전산화하고, GIS를 이용하여 지적도와 임상도와 연계하여 9년간의 산지전용공간정보를 구축하였다. 둘째, 산림전용지에 대한 시간적·공간적 패턴 분석과 함께, 전용목적 및 소유구분에 따른 공간적 특성을

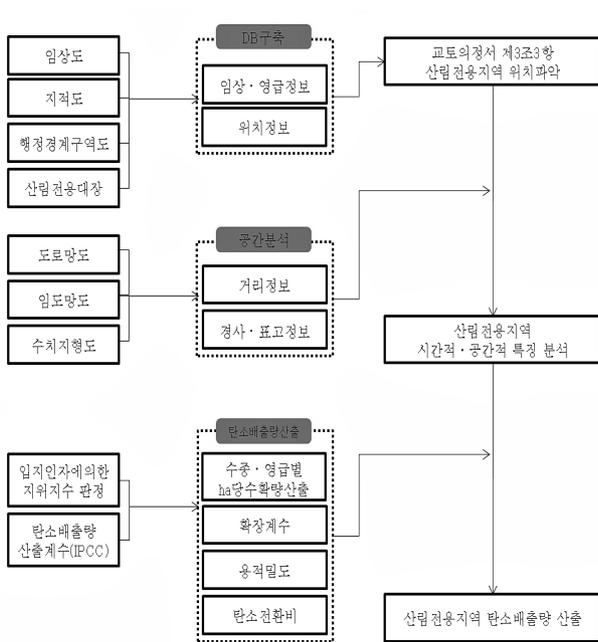


Fig. 2. Study framework

분석하였다(Fig. 2). 산림전용 형태는 전용목적과 용도에 따라 5개의 클래스(공사, 시설물, 도로, 용지변경, 기타)로 구분하여 전용지의 공간적 특성을 분석하였다(Table 1). 마지막으로, 산지전용에 따른 탄소배출량을 산출하기 위하여, 제4차 임상도의 임상, 영급 정보와 IPCC기준의 탄소배출량 산출계수를 이용하였으며, 산림전용에 따른 탄소배출량 산출은 식(1)과 같다.

$$\text{탄소배출량}(t) = \text{산지전용면적}^1 \times \text{ha당간재적}^2 \times \text{용적밀도}(t/m^3)^3 \times \text{확장계수}^4 \times \text{탄소전환비} \quad (1)$$

(1) 산림면적(ha) :

FGIS정보를 이용하여 산출된 임상면적.

(2) ha당 간재적(m³/ha) : ha당 임목의 축적(m³)

(3) 용적밀도(Basic Wood density, WD)(t/m³) : 목재내부의 공극과 수분을 포함한 단위부피당 무게에 대한 개념. 목재 재질을 판단하는 주요한 요소로 “전건중량/생재부피”로 표현.

(4) 바이오매스 확장계수(Biomass Expansion Factor, BEF) : 임목전체의 재적에 대한 간재적의 비를 확장계수라 한다. 즉, 간재적을 기준으로 전체의 재적을 추정하는 것.

ha당 간재적은 산림청에서 제공하는 재적·중량표 및 임분수확표를 이용하여 수종별로 산출하였으며(Korea Forest Service, 2009), 확장계수와 용적밀도(t/m³), 탄소전환비는 IPCC가이드라인 기준으로 적용하였다. 즉, 확장계수는 침엽수 1.7, 활엽수 1.8, 용적밀도(t/m³)는 침엽수, 활엽수 모두 0.45, 탄소전환비는 임상 구분없이 0.5를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 산림전용지의 시계열변화에 따른 임상, 목적별 공간패턴분석

(1) 시계열 변화에 따른 산림전용 발생분석

산지전용대상과 지적도와 일치하는 전용면적은 100.8 ha로 전체산림면적 대비 약 0.07%로 발생하였으며, 연평균 약 11 ha가 비산림지역으로 전용되었다. 통계연보(2008)에 의하면, 최근 10년간의 국가산림전용면적비율은 약 0.1%로 보고되었으며, 본연구의 대상지도 비슷한 산지전용이 발생하였다. 또한, 강원도 통계연보(2010)에 의하면 강원도는 최근7년간(2002년-2008년)에 약 7,160 ha가 전용되었으며, 연평균 약 1,023 ha가 산지전용이 발생 하였으며, 인제군은 강원도 전체 전용면적의 약 1.1%를 차지하였다. 도시의 형태에 따라서 산지전용 발생율이 상이하게 나타나지만, 연구

Table 1. Categories of deforestation

구 분	전용목적
공 사	시추공사, 도수로 수해복구공사, 지방도로확장공사, 하천공사, 국도법면 정비공사
시설물	간이상수도, 전신주, 미술관, 수조 및 배관설치, 자동우량경보기, 무인기지국, 상수도, 인공폭포, 전기시설, 철탑 및 부대시설, 재해경보기, 통신시설, 하수도, 기상관측타워, 문화재보수, 사방댐, 산불예방시설, 군사시설, 소공원, 송전선철탑, 헬기장, 전주시설
도 로	국도확포장, 군도, 군도4호선확포장, 국도6호선확포장, 농로, 농어촌도로, 야생동물이동통로, 임도, 진입로
용지변경	농지, 철탑부지, 전주 및 선하부지, 산나물, 약초재배, 도로구역결정고시
기 타	기타, , 시추조사, 지질조사

대상지는 인구밀도가 낮은 지역이기에 전국 평균보다 산지 전용발생율이 낮게 나타났다고 생각된다. 또한, 매년 7 ha 전후로 산지전용이 발생하였지만, 2008년도에 9년간의 전체 전용발생면적의 약 41%가 발생하였으며, 전용목적은 국유림 대부분을 통한 농산물생산 기반조성을 위한 용지변경 비율이 높은 경향을 보였다(Table 2). 또한, 산림소유형태에 따른 전용발생면적을 보면 국유림 지역에서 전체발생면적의 약 85%가 발생하였다.

전용목적별 분석결과 국·사유림 모두 도로건설을 위한 전용면적은 전체면적의 약 58%로 가장 높게 나타났다. 특히, 사유림에서는 산지전용면적의 약 82%가 도로로 전용되었으며, 국유림은 전체 전용발생면적의 약 52%가 도로전용

을 위하여 발생하였다(Table 3). 전용형태 분포는 산림소유 구분과는 상관없이 도로, 기타, 시설물, 용지변경의 순으로 나타났다. 또한, 권순덕(2005) 및 강원도 임업통계(2010)에 의하면, 국가 및 강원도의 산림전용 형태는 택지, 도로, 공장용지의 순으로 발생한다고 보고되었으며, 본 연구의 결과와 유사한 형태로 나타났다. 그러나, 국가전체의 도로로 전용된 면적비율은 약 18%로 인제군과 약 40% 차이가 발생함에 따라, 지역특성에 따라 전용형태의 차이가 발생함을 알 수 있다.

읍면별 발생분포를 보면, 인제읍에서 30 ha로 가장 많이 발생하였으며, 북면 약 26 ha, 서화면 약 16 ha의 순으로 나타났다(Table 4), 행정구역 별 세대수 및 인구분포의 순과

Table 2. Annual area of deforestation

전용년도		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
면적 (ha)	국유림	2.9	12.7	7.2	5.9	4.4	7.5	1.0	5.5	38.6
	사유림	0.1	3.0	0.8	1.0	0.5	1.0	0.6	4.8	2.3
	합계	3.0	15.7	8.0	7.9	4.9	8.5	1.5	10.3	40.9

Table 3. The area of deforestation by purpose of use

전용목적		공사	도로	시설물	용지변경	기타	합계
면적 (ha)	국유림	1.0	44.9	12.2	3.1	21.5	85.7
	사유림	0.02	12.4	1.9	0.7	-	15.0
	합계	1.02	57.3	14.1	3.3	22.04	100.8

Table 4. The area of deforestation by district

Unit : ha

	공사	도로	시설물	용지변경	기타	합계
국유림						
기린면	0.3	5.1	0.8	-	0.3	6.4
남면	0.2	10.1	1.4	-	-	11.7
북면	0.2	14.3	0.3	8.7	-	23.6
상남면	0.2	2.3	-	-	-	2.5
서화면	-	4.5	-	10	-	14.5
인제읍	0.1	8.7	10.8	7.5	-	27.2
합 계	1.0	45	13.3	26.2	0.3	85.7
사유림						
기린면	0.02	2.4	1.2	0.5	-	4.1
남면	-	1.9	-	0.2	-	2.1
북면	-	2.2	0.1	-	-	2.7
상남면	-	2.6	0.01	-	-	2.6
서화면	-	0.3	0.6	-	-	1.3
인제읍	-	3.0	0.02	-	-	3.0
합 계	0.02	12.4	1.9	0.7	-	15.0

유사하였다(Statistical Yearbook, 2008). 한편, 사유림지역의 발생형태는 행정구역 구분과는 상관없이 2 ha전후로 균일하게 발생하였으나, 국유림지역은 지역에 따라 편중되는 경향을 나타내었다. 또한, 도로 및 시설물로의 전용은 소유 구분형태 및 행정구역과는 상관없이 모든 지역에서 발생하여, 도시개발이 전 지역에서 이루어짐을 알 수 있다.

(2) 산림전용지의 공간패턴 분석

산림전용지의 공간적 특성을 보면, 도로에서 가까운 지역일수록 많이 발생하며, 특히 기존도로에서 200 m 이내의 지역에서 약 47%가 전용되었으며, 500 m 이내에서는 약 75%가 전용되었다. 한편, 기존의 주택 및 건물로부터의 접근성을 보면, 200 m 이내에서 약 25%가 발생하였으며, 500 m 이내에서는 약 61%가 발생하였다. 도로로의 전용이 58%를 차지하기 때문에 기존의 개발된 지역보다는 도로로부터 접근성과 밀접한 관계가 나타났다(Fig. 3). 또한, 거리별 누적분포를 보면, 도로로부터의 거리에 따른 발생면적은 국유림과 사유림지역에서 유사한 형태로 나타났다. 그러나,

산림소유형태별 기존 주택 및 건물로부터의 접근성을 보면, 사유림지역은 200 m 이내에서 74% 발생하는 반면, 국유림지역은 46% 발생하였다(Fig. 4).

지형적 특성을 보면, 국유림지역이 사유림지역보다 경사가 급한 지역에서 많이 발생하였으며, 전체 산림전용의 약 20%는 경사 20° 이하의 지역에서 발생하였다(Fig. 5). 한편, 표고 300-400 m의 구간에서 산림전용이 많이 발생하였으며, 이는 대상지에서 도로건설에 의한 전용이 가장 많이 발생하였기 때문이다(Fig. 6).

기존도로로부터 용도별 접근성을 보면, 공사를 위한 전용지역은 600 m 이내에 모든 전용지가 존재하였으며, 시설물의 경우, 500 m 이내에 약 50%가 존재하며 1 km 이내에 전반적으로 고르게 분포하였다. 또한, 도로건설을 위한 전용지역은 200 m 이하의 지역에서 48%가 발생하였다. 한편, 용지변경을 위한 전용은 100 m 이내에서 약 55%가 발생하였으며, 1 km 이상인 지역에서도 36%가 발생하였는데 이는 약초재배 시설 등의 설치에 따른 영향으로 나타났다(Fig. 7). 한편, 기존 주택 등 건물 등으로부터의 용도별 접근성을

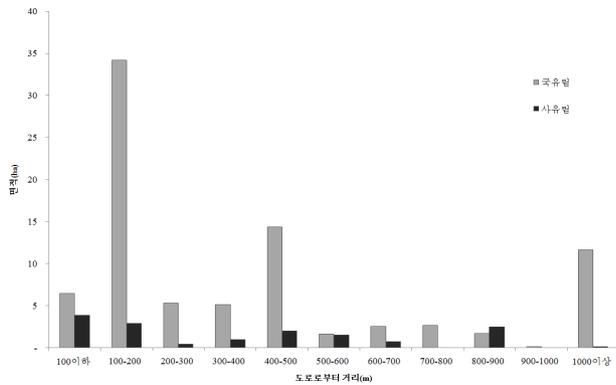


Fig. 3. The accessibility from road by forest ownership

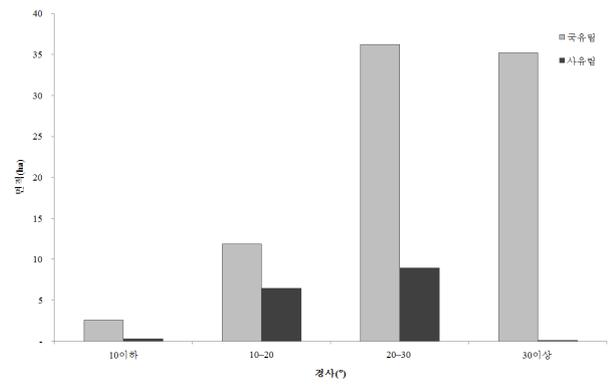


Fig. 5. The slope of deforestation by forest ownership

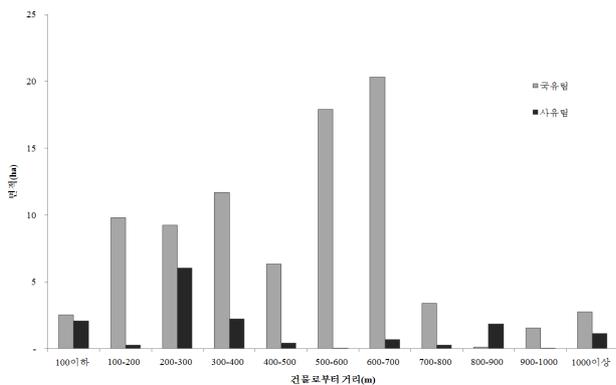


Fig. 4. The accessibility from building by forest ownership

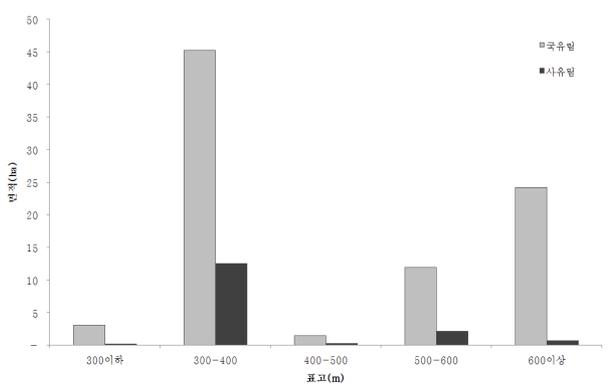


Fig. 6. The elevation of deforestation by forest ownership

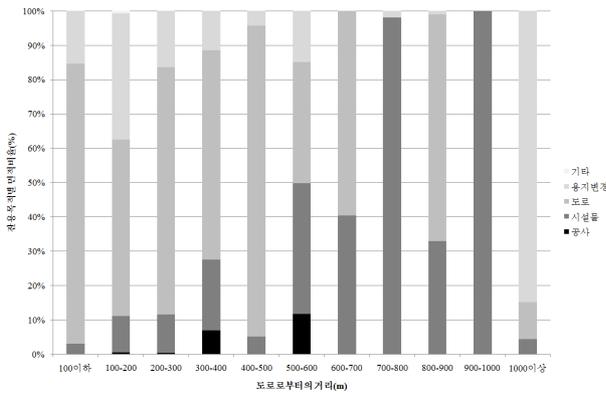


Fig. 7. The deforestation type from the road network

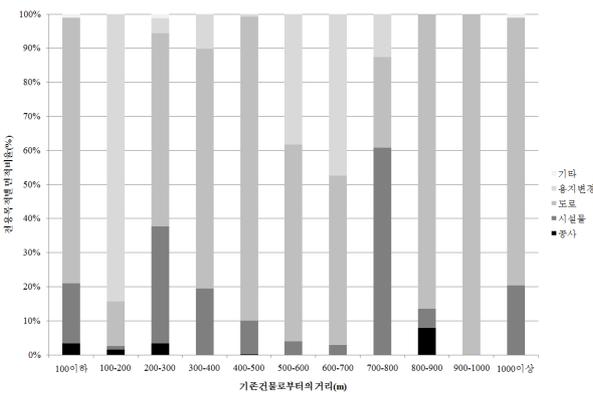


Fig. 8. The deforestation type from building

보면, 공사를 위한 전용지는 300 m 이내에서 90%가 집중적으로 발생하였으며, 시설물의 경우, 500 m 이내에서 약 69%가 발생하였으며, 도로로부터의 접근성에 의한 분포특성과 유사하였다(Fig. 8).

2. 산림전용지의 탄소배출량 분석

산지전용지의 임상분포를 보면, 소나무림지역에서 약 97% 발생하였으며, 탄소배출량은 약 6,800 tC 발생하였다. 국유림지역은 대부분 소나무림지역에서 발생하였으나, 사유림지역은 소나무, 혼효림, 낙엽송, 잣나무림지역에서 발생하였다 (Table 5). 특히, 전체전용면적의 90%는 III영급과 IV영급의 지역에서 발생하였으며, 탄소배출량은 각각 3,691 tC, 1,919 tC 의순으로 나타났다. 권순덕 등(2005)에 의하면, 임상별 임목바이오매스 탄소배출량은 활엽수림지역보다 침엽수림지역에서 비교적 많이 발생되었으며, 인제군의 임상별 탄소배출 형태도 유사하였다.

산지전용에 따른 9년간 탄소배출량은 약 6,968 tC으로, 연평균 약 770 tC의 탄소배출량이 발생한 것으로 나타났다. 특히, 산지전용에 의한 국유림지역의 탄소배출량은 5,908 tC으로, 사유림지역보다 5.7배 높았으며, 연도별 탄소배출

Table 5. The area of deforestation by forest structure

Unit : ha

	I	II	III	IV	V	VI	합계
국유림							
소나무	-	6.2	51.64	18.96	6.1	1.55	84.5
활엽수	-	-	0.12	-	-	0.23	0.4
혼효림	-	-	0.01	0.84	0.02	-	0.9
잣나무	0.01	-	-	-	-	-	0.0
낙엽송	-	0.01	0.01	-	-	-	0.0
합 계	0.0	6.2	51.8	19.8	6.1	1.8	85.7
사유림							
소나무	0.21	0.95	6.83	3.43	0.56	1.60	13.6
활엽수	-	-	-	-	-	-	0.0
혼효림	0.09	0.53	0.55	-	0.04	-	1.21
잣나무	0.08	-	-	-	-	-	0.1
낙엽송	-	-	0.16	-	-	-	0.2
합 계	0.4	1.5	7.5	3.4	0.6	1.6	15.0

Table 6. Annual amount of carbon emission

전용년도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
탄소 배출량 (tC)	국유림	177	811	336	453	280	586	94	452	2,720
	사유림	5	184	50	103	33	77	40	395	173
	합 계	182	996	385	556	313	663	134	848	2,893

Table 7. The amount of carbon emission by deforestation

	전용목적	공사	도로	시설물	용지변경	기타	합계
탄소 배출량 (tC)	국유림	87	3,174	807	194	1,646	5,908
	사유림	1	865	131	12	51	1,060
	합 계	88	4,039	938	206	1,697	6,968

량의 분포는 전용면적발생 분포와 동일한 형태로 나타났다 (Table 6). 한편, 도로와 시설물 전용에 의한 탄소배출량은 전체발생의 72%를 차지하였다. 도로 전용에 의한 탄소배출량은 4,039 tc로 전체발생의 58%를 차지하였으며, 국유림 지역 배출량의 54%, 사유림지역 배출량의 82%를 차지하였다. 산림전용이 가장 많이 일어난 인제읍과 북면의 탄소배출량은 전체 탄소배출량의 약 57%인 3,954 tC으로 나타났다 (Table 7).

결 론

본 연구는 Post-2012에 대비하여, IPCC 우수실행지침에 따른 토지이용형태별 면적산출방법 중 접근방법 3을 이용한 산림전용지의 시계열적·공간패턴 분석 및 산지전용에 따른 탄소배출량을 산출하였다.

산지전용의 연도별 발생면적은 약 11 ha로 나타났으며, 강원도의 연도별 발생면적의 약 1.1%를 차지하였다. 또한, 시 면적대비 전국평균 발생율과는 약 0.03 ha 낮게 나타났다. 한편, 전용발생율의 형태 별 분포특성은 전국평균과 유사한 형태를 나타냈다. 그러나, 산림전용 목적별 형태를 보면, 도로와 택지를 위한 전용이 대부분을 차지하였으며, 국가단위, 도단위, 지역단위에서도 유사한 형태로 나타났다. 특히, 지역단위에서는 사유림의 경우는 도로와 택지조성을 중심으로 전용이 이루어졌지만, 국유림의 경우는 농산촌소득과 관련된 기반조성 등을 목적으로 전용이 이루어졌다.

또한, 산림전용은 도로로부터의 접근성이 기존 주택 및 건물로부터의 접근성보다 가까운 곳에서 발생하였으며, 500 m 기준으로는 약 1.5배정도 높게 추출되었다. 또한, 임분구조 형태를 보면, 소나무림지역의 III·IV영급 임상에서 많은 산림전용이 발생하였다. 산지전용에 따른 총 탄소배출량은 약 6,968 tC이며, 연평균 770 tC로 나타났다. ha당 탄소배출량은 8.6 tC/ha으로 나타났으며, 권순덕 등(2005)에 의하면 산림기본통계자료를 이용하여 추정된 우리나라의 산림전용에 의한 탄소배출량은 약 14.4 tC/ha로 보고되었으

며, 이와 비교하면 약 25% 낮은 것으로 나타났다.

본 연구는 행정정보와 FGIS정보를 이용을 통해 지역레벨의 산림전용지의 공간적·형태별 특성 및 타용도 전환에 따른 탄소배출량의 파악이 가능하였다. 현재, 우리나라는 Post2012에 대응하기 위하여 행정정보를 중심으로 산림부분의 온실가스통계검증시스템을 구축중에 있으며, 산림흡수원관련 정보의 QA/QC를 위하여, GIS와 위성정보, 현장정보와 같은 독립된 정보를 상호 활용하여 검증하려하고 있다. 특히, 본 연구에서 GIS정보를 활용하여 산지전용지의 공간적 특성을 파악함으로써, GIS와 위성영상을 이용하여 전용지를 파악하는데 기초적인 자료를 제공할수 있으리라 판단되며, 국제적으로 인정받을 수 있는 국가온실가스통계시스템 정보 구축의 기초자료로서 유용하리라 사료된다.

사 사

이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 연구임 (KRF-2007-331-F00028)

인용문헌

- Inje-Gun. 2007. Statistical Yearbook.
 IPCC. 2001. Marrakesh Accords. p.58.
 Kim, E.G. 2007. The 5th national forest plan and forest policy of new government. Korean Forest Economics Society. 15(2): 65-77.
 Korea Service Forest. 2008. Statistical Yearbook of Forestry. p.42-78.
 Korea Service Forest. 2009. Tree Weight Table and Stand Yield Table. pp. 206-221.
 Kwon, S.D., Seo, J.H., Son, Y.M., and Y.K. Park. 2005. Biomass carbon emissions according to conversion of forest land in Korea. J. Kor. For. En. 24(2):10-15.
 Lee, J.S., Kim, H.J., and E.M. Park. 2008. Analysis of deforestation and forest management activities to Kyoto protocol. Proceed. of Donf. on The Korean Forest Society.
 Lee, K.H., Son, Y.M., and Y.S. Kim. 2001. Greenhouse gas inventory in land-use change and forestry in Korea. Journal of Korea forestry energy. 20(1):53-61.

- Ministry of Environment. 2008. Master plan for Climate Change. pp.7-42.
- Park, D.H., and J.S. Lee. 2009. Assessment of the carbon emission and spatial pattern of deforestation using GIS. Proc. of conf. on The Korean forest society.
- Son, Y.M., Lee, K.H., Seo, J.H., and S.D. Kwon. 2007. Substitution effect of fossil fuel using biomass produced by forest treatment. J. Korean For. Soc. 96(6):639-643.
- Son, Y.M., Lee, K.H., and R.H. Kim. 2007. Estimation of forest biomass in Korea. J. Korean For. Soc. 96(4):477-482.
- Son, Y.M. 2006. Construction of greenhouse gas inventory system in forestry to UNFCCC. Forest Science Information Monthly Report. 185:8-9.
- Son, Y.M.. 2006. Study on mapping of forestry- biomass. Korea Institute of Energy Research Report. p.55.
- Son, Y.M. 2006. Carbon Factor of Forestry-biomass. Greenhouse Gas statistics in Forests Workshop III. Korea Forest Research Institute. pp.17-38.

(Received January 17, 2001; Accepted March 15, 2011)