

벌기령 단축이 미래 산림의 이산화탄소 흡수량에 미치는 영향 분석

유동훈* · 이우균*** · 송철호** · 임철희** · 이슬기** · 박동범**

*고려대학교 기후환경학과, **고려대학교 환경생태공학과

Assessing Effects of Shortening Final Cutting Age on Future CO₂ Absorption of Forest in Korea

Ryu, Donghoon*, Lee, Woo-Kyun***, Song, Cholho**, Lim, Chul-Hee**, Lee, Sle-Gee** and Piao, Dongfan**

*Dept. of Climate Environment, Korea University, Seoul 136-713, Korea

**Dept. of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

ABSTRACT

This study aims to evaluate the effect of shortened final cutting age by estimating future CO₂ absorption in each different scenarios based on each final cutting ages before and after shortening. We used 5th Forest Type Map and Forest Yield Table to obtain information to estimate CO₂ absorption of forest. We also designed a simulated future scenarios from 2010 to 2100 which repeats cutting and reforestation according to respected each final cutting ages. As the result, number of cuttings and total amount of CO₂ absorption of forest were increased with shortened final ages. Total cutting times increased up to 2 in both minimum and maximum amount for *Quercus* spp. and *Larix kaempferi*. Maximum number of cutting of *Pinus densiflora* and minimum number of *Pinus koraiensis* increased by 1. Total CO₂ absorption increased 12% for *Quercus* spp. which had the largest number of increase in cutting times, while total CO₂ absorption of *Pinus koraiensis* only increased by 1%. The result could be used to evaluate the changes in forest management plans and policies and then develop optimal final age for efficient sustainable forest management plans.

Key words : Forest Management, Final Age, Cutting Age, CO₂ Absorption, GIS

1. 서 론

산림은 환경생태계의 중요한 축으로서 생물다양성을 보전하기 위한 서식지 제공, 목재 등의 산림자원 제공, 탄소흡수 및 저장 등의 기후변화 저감 등 다양한 기능을 한다(Kim *et al.*, 2012). 임업통계연보(Korea Forest Service, 2015)에 의하면 한국은 국토의 64%가 산림으로 이루어져 있으며, 산림의 기능을 파악하고 효율적으로 사용하는 것이 국가발전과 지역발전에 중요한 요소로 인정되고 있다(Song, 1998; Shim, 2014).

2014년 9월, 산림청은 국내 주요 4종의 수종에 대해서 벌기령을 단축하였다. 벌기령이란 임분 또는 임목을 벌채할 수 있는 나무의 연령을 말하며, 벌기령 단축이란 그러한 연령을 더 낮게 조정하는 것이다. 이는 1965년 벌기령 제도 도입 후

지속적으로 벌기령을 상향조정하던 국가산림정책을 크게 변경한 것이다. 「기준벌기령 및 벌채·굴취기준」을 개정하며 산림청은 벌기령 단축의 이유로 IV영급 이상 된 산림이 전체 산림 면적의 67% 이상을 차지하는 불균형한 산림의 영급구조를 개선하고, 목재시장에 목재 공급을 늘리기 위함이라고 밝혔다(Act on Promotion and Management of Forest Resource, 2015).

국내 산림은 불균형한 영급구조로 인하여 지속적으로 장년림이 늘어나는 추세이다(Korea Forest Service, 2011). 산림청 예선 현재 III~IV영급 산림이 국내 전체 산림의 67%를 차지하고 있으며, 2030년에는 V~VI영급 산림이 59%, 2050년에는 VII영급 이상 산림이 72%로 늘어날 것으로 예측하고 있다(Korea Forest Service, 2013). 성숙림 단계에 들어가는 산림이

† Corresponding author: leewk@korea.ac.kr

Received April 15, 2016 / Revised May 20, 2016(1st), June 7, 2016(2nd) / Accepted June 13, 2016

늘어남에 따라 산림생장이 둔화되어 산림의 온실가스 흡수 기능 또한 저하될 것으로 예측된다. 따라서 장년림이 늘어나는 추세를 전환하기 위해 유령림의 비율을 높일 필요가 있다.

이번 벌기령 단축은 소나무, 잣나무, 낙엽송, 참나무류에 적용되며, 소나무, 잣나무, 낙엽송의 경우 10년 씩, 참나무류의 경우 25년이 낮춰졌다. 산림청은 벌기령 단축을 통해 벌채 증가량이 이전에 비해 26.5% 증가할 것으로 예상하고 있다. 하지만 늘어나는 벌채량이 산림의 탄소흡수 및 저장 기능에 미치는 영향은 미지수이다.

벌기령은 산림의 목재생산량뿐만 아니라, 탄소저장량에도 큰 영향을 주며(Aber *et al.*, 1978), 이는 긍정적이거나 부정적일 수 있다(Cooper, 1983). 목재생산량뿐만 아니라, 탄소저장기능 또한 산림의 핵심기능으로 평가받는 만큼 벌기령 단축과 같은 산림정책의 변화를 다각도로 평가할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 전국의 산림을 대상으로, 벌기령이 단축된 각 수종이 벌채와 재조림을 반복하는 가상의 시나리오를 통해, 벌기령 단축이 미래 산림의 이산화탄소 흡수량에 어떠한 영향을 끼치는지에 대하여 분석하였다.

2. 연구자료 및 방법

2.1 연구 대상지

본 연구의 대상지는 제5차 수치임상도내 벌기령이 단축된

4개 수종의 임분들을 대상으로 하였다. 분석 대상인 수종은 총 4종류로서 소나무(*Pinus densiflora*), 잣나무(*Pinus koraiensis*), 낙엽송(*Larix kaempferi*), 참나무류(*Quercus* spp.)이다.

제5차 수치임상도는 정사항공사진을 기반으로 제작되었으며, 축척은 1:25,000이다. 참나무류의 경우 수치임상도 내에서 개별 임상 코드로 분류되어 있으나, 전체 산림 면적 중 약 0.3%만 차지하고 있다. 참나무류는 국내 낙엽활엽수림을 이루는 주요 수종이며, 수종 점유율 또한 전체 수종의 63.9%에 이른다(Korea Forest Research Institute, 2012), 따라서 수치임상도내 참나무류만을 연구대상으로 한정할 경우, 벌기령 단축 효과를 전국 단위로 분석할 시 대표성을 가진다고 볼 수 없기에, 참나무류의 비율이 높은 활엽수림 전체를 포함하는 형태로 수정하였다. 최종적인 연구대상지는 소나무 1,389,915 ha, 잣나무 232,022 ha, 낙엽송 460,548 ha, 참나무류 1,502,534 ha로 구성되는 총 3,585,019 ha이다(Fig. 1).

2.2 연구 방법

본 연구에서는 수확표와 제5차 수치임상도를 활용하여 벌기령 단축 전후의 산림 이산화탄소 흡수량을 파악하였다. 이 과정에서 임상도의 기재되어 있는 임분의 면적, 임상, 영급 정보를 활용하였으며, 단축 전과 단축 후 벌기령에 따라 각각의 벌채 및 재조림 시나리오가 설정되었으며, 각 시나리오에 따른 이산화탄소 흡수량이 Fig. 2와 같이 모의되었다.

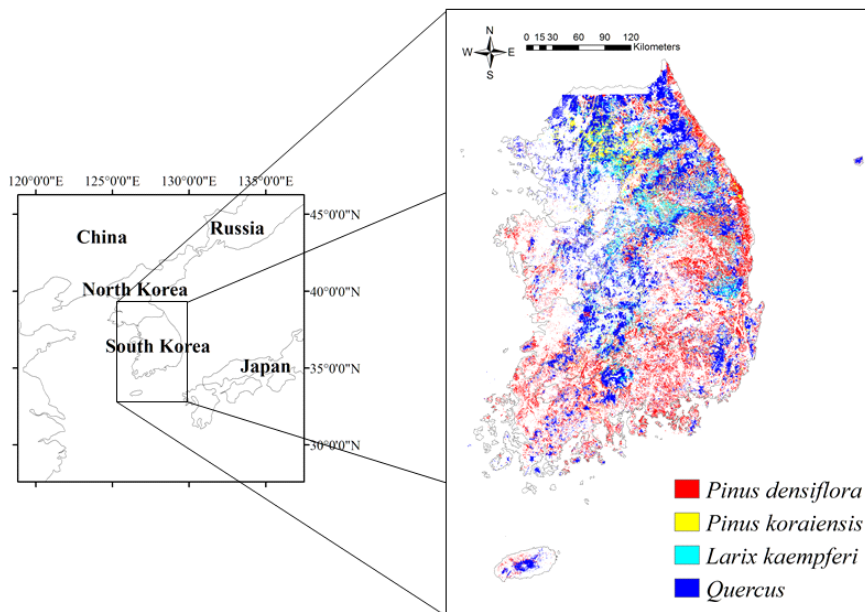


Fig. 1. Study area with forest type distribution.

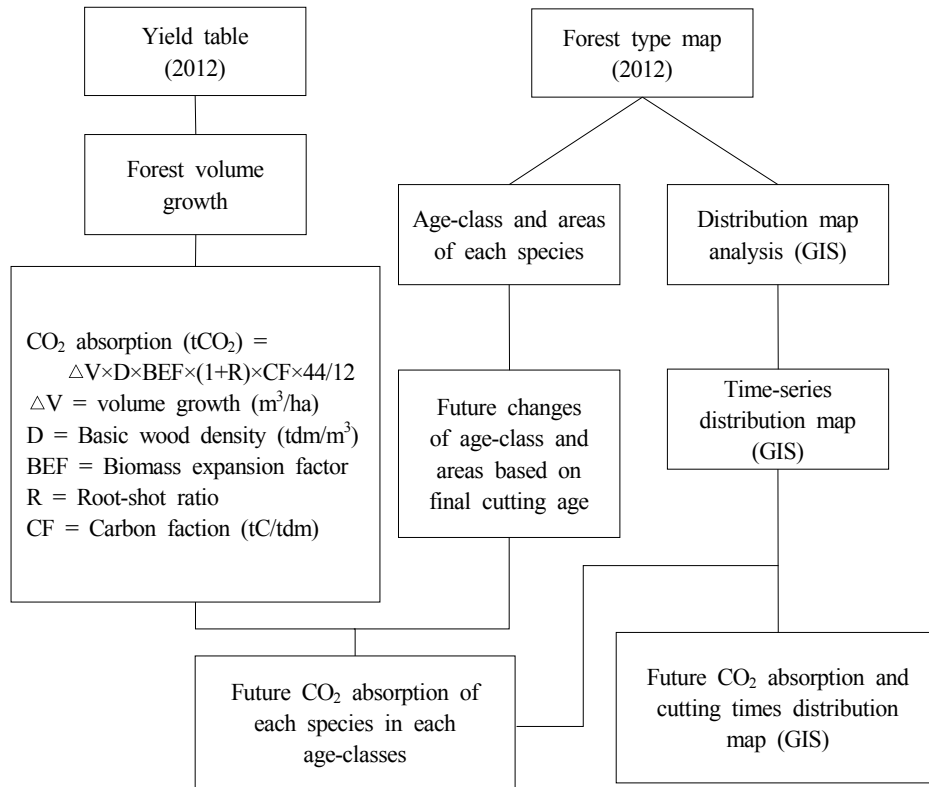


Fig. 2. Flow chart for assessing effect of shortened final cutting age on future CO₂ absorption of forest.

2.2.1 벌채/재조림 시나리오 설정

단축 전 벌기령과 단축 후 벌기령의 산림 이산화탄소 흡수량을 비교하기 위해서 가상의 벌채/재조림 시나리오를 구상하였다(Fig. 2). 영급과 임령을 일치시키기 위해서 I영급은 임령 10년으로, II영급은 임령 20년으로 맞추는 방법을 사용하여 각 영급을 각각의 임령으로 적용하였다. 시나리오 시작 기간은 수치임상도 제작이 종료된 2010년으로 설정하였다. 2010년에 I영급인 임분은 2020년에 II영급으로 진전되는 방식으로 2100년까지 시나리오 기간을 설정하였다. Liski *et al.*(2007)은 벌기령의 변화와 산림의 탄소저장량에 미치는 영향을 분석하기 위해서 각 임분이 벌기령에 도달하면 벌채와 재조림이 반복된다고 가정하였다. 본 연구 또한 동일한 방법을 사용하였으며, 시나리오 내에서 수종이 벌기령에 도달하는 시점을 단축 전 벌기령과 단축 후 벌기령에 맞추었다.

참나무류의 경우, 단축 후 벌기령이 25년으로 감소하였으나, 수치임상도의 영급은 10년 단위로 진전되며, 시나리오 또한 10년 단위로 진전되기에 참나무류의 단축 후 벌기령은 영급 III인 30년으로 높여서 설정하였다(Table 1).

각각의 벌기령에 따라 설정된 시나리오를 통해 2010년부

Table 1. Changes on final cutting age of each species

Species	Original final cutting age	Shortened final cutting age
<i>Pinus densiflora</i>	50	40
<i>Pinus koraiensis</i>	60	50
<i>Larix kaempferi</i>	40	30
<i>Quercus spp.</i>	50	25(30)

터 2100년까지 각 임분이 거쳐가는 벌채/재조림의 횟수와 임령을 파악하고, 그에 따른 산림 재적성장량을 이산화탄소 흡수량 산정식에 적용하였다. 국내에 분포한 각 수종의 총합적인 이산화탄소 흡수량 증가 잠재치를 파악하기 위해서 수치임상도내에 있는 각 수종의 모든 임분을 대상으로 이산화탄소 흡수량을 평가하였다.

2.2.2 산림 이산화탄소 흡수량 산정 방법

유엔기후변화협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC)에서는 국가 단위의 온실

가스 인벤토리를 작성할 때 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC)에서 제작한 Good Practice Guidance for LULUCF(Land Use, Land-Use Change and Forestry)(IPCC, 2000; IPCC, 2003)에 따르도록 권하고 있다(Lee *et al.*, 2008). 본 연구에서도 산림의 이산화탄소 흡수량을 산정하기 위해서 IPCC에서 권고한 산정식을 사용하였다. 이를 위해서 국내 산림 바이오매스의 증가량과 국내 산림에 맞추어 개발된 탄소배출/흡수계수를 사용하였다.

각 수종의 산림바이오매스 증가량을 알기 위해 ‘입목재적·바이오매스 및 임분수확표(Korea Forest Service, 2012)’를 참고하였다. 임분수확표는 임분이 1 ha일 시 각 수종에 대하여 정기평균성장량 등의 성장정보를 제시한 자료이다.

본 연구에서는 각 수종의 이산화탄소 흡수량 산정에 필요한 임령에 따른 재적성장량에 임분수확표에 나온 수치를 적용하였다. 각각 임령 0에서 10년, 11년에서 20년, 22년에서 30년, 31년에서 40년 등 10년 주기로 각 기간 동안의 재적성장량을 구하였다. 각 임령에 해당하는 정기평균성장량을 기본으로, 정기평균성장량이 존재하지 않는 초기 임령 시기에는 연평균성장량을 적용하였다.

본 연구에서 대상이 되는 참나무류는 한반도에 분포하는 다양한 참나무가 모두 포함되어 있기 때문에 상수리나무, 굴참나무, 신갈나무 재적성장량의 평균을 사용하였다. 소나무의 경우, 수치임상도를 GIS(Geographical Information System)를 이용하여 강원지방과 그 외 지방으로 나누어 각각 강원지방 소나무와 중부지방 소나무의 재적성장량을 적용하였다.

재적성장량을 구하기 위해 필요한 지위지수는 수치임상도에는 포함되어 있지 않다. 따라서 임분수확표 내 각 수종의 기재된 지위지수들 중에서 가장 낮은 지위지수를 선택하였다.(Table 2). 이는 산림탄소흡수량을 산정함에 있어 지위지수의

영향을 최소화하고, 벌기령 단축의 효과를 보다 명확하게 하기 위함이다.

산림의 이산화탄소 흡수량을 산정하기 위해서 온실가스종합정보센터에서 개발하고, 검증한 국가 배출/흡수 계수를 사용하였다(Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea(GIR), 2014). 이는 국가 온실가스 인벤토리 중 LULUCF 부문에서 쓰이는 국가 계수이다.

본 연구에서 참나무류는 모든 활엽수림을 포함하고 있으며, 참나무류 전체를 대표할 수 있는 국가 배출/흡수 계수가 아직 개발되지 않았으므로, 참나무류를 포함한 다양한 활엽수를 대표할 수 있도록 기타 활엽수의 배출/흡수 계수를 적용하였다. 소나무 역시 강원지방 소나무와 중부지방 소나무를 분류하여 각각의 계수를 적용하였다. 재적성장량과 배출/흡수 계수에 산림탄소흡수량 산정식 (1)을 사용하여 산림의 탄소흡수량을 구한 후 이산화탄소 전환 계수를 적용하여 이산화탄소 흡수량을 구하였다(Table 3).

$$CO_2 \text{ Absorption}(tCO_2) = \Delta V \times D \times BEF \times (1 + R) \times CF \times 44/12 \quad (1)$$

ΔV 는 산림 재적, D 는 목재기본밀도, BEF 는 바이오매스 확장계수, R 은 지상부뿌리 비율, CF 는 탄소함량비다. 마지막으로 44/12의 이산화탄소 전환 계수를 적용한다.

3. 연구 결과

3.1 시나리오 기간 내 벌채 증가량

2010년부터 2100년까지 각각의 벌기령에 따른 벌채/재조림 시나리오에 따른 시 전 수종에 걸쳐 벌채 횟수가 벌기령

Table 2. Periodic annual increment of each tree species (m³/ha)

Period	Species	<i>Pinus densiflora</i> (Central region)	<i>Pinus densiflora</i> (Gangwon region)	<i>Pinus koraiensis</i>	<i>Larix kaempferi</i>	<i>Quercus</i> spp.
0~10		24.9	34.7	17.2	40.5	37.70
11~20		25.0	55.9	53.9	60.2	47.60
21~30		62.3	55.8	54.3	50.9	53.35
31~40		34.3	49.4	46.6	40.2	47.65
41~50		17.7	41.5	39.4	-	42.85
51~60		-	-	33.9	-	-

Source: ‘Table of tree volume/mass and yield table’. Korea Forest Service, 2012

Table 3. Emission/absorption factors for each tree species

Tree species	Biomass expansion factor (BEF)	Root-shot ratio (R)	Basic wood density (D) (tdm/m ³)	Carbon fraction (CF) (tC/tdm)
<i>Pinus densiflora</i> (Gangwon region)	1.48	1+0.26	0.42	0.5
<i>Pinus densiflora</i> (Central region)	1.41	1+0.25	0.47	0.5
<i>Pinus koraiensis</i>	1.74	1+0.28	0.41	0.5
<i>Larix kaempferi</i>	1.34	1+0.29	0.45	0.5
<i>Quercus</i> spp.	1.51	1+0.36	0.68	0.5

Source: 'National GHG Emission Factors in Agriculture, LULUCF, and Waste Sector'. GIR, 2014

단축 전 최대 3회에서 벌기령 단축 후 최대 4회까지 늘어나는 것으로 분석되었다. 최소 벌채 횟수도 1회에서 2회로 증가되어 모든 수종, 모든 영급에서 최소 2회의 벌채를 거치는 것으로 분석되었다(Table 4).

벌기령 단축 전 시나리오에서는 전국에 걸쳐 1~2회의 벌채가 이루어지고 강원산간 지역의 중부지역을 중심으로 3회의 벌채가 이루어지는 임분이 분포하는 것으로 분석되었다(Fig. 3). 벌기령 단축 후에는 전국에 걸쳐서 3회의 벌채가 이루어지는 임분이 증가하였다. 총 벌채 횟수가 4회로 증가한 임분이 크게 증가하여 경기도, 강원도를 비롯한 중부지역에 다수 분포하는 것으로 나타났다.

소나무의 경우, 모든 임분에서 총 2회의 벌채가 이루어졌으나, 벌기령 단축 후에는 전 지역에서 벌채 횟수가 증가하여 대부분의 임분의 벌채 횟수가 총 3회로 늘어났다(Fig. 4). 잣나무의 경우, 전 지역에서 1회 또는 2회였던 벌채횟수가 총 2회로 늘어났다. 낙엽송의 경우, 대부분의 임분에서 벌채 횟수가 3회에서 4회로 늘어났다. 참나무류의 경우는, 벌기령 단축 전에는 모든 임분의 벌채횟수가 총 2회였으나, 벌기령 단축 후에는 대부분의 임분에서 벌채횟수가 총 4회로 늘어났다.

참나무류의 벌채횟수가 급격하게 늘어난 데에는 벌기령 단

축 정도가 모든 수종 중에서 가장 크기 때문에 분석된다. 반면, 잣나무의 경우 소나무, 낙엽송과 마찬가지로 10년의 기간이 단축되었으나, 타 수종에 비하여 여전히 높은 벌기령이 벌채 횟수 증가를 최소화시킨 것으로 분석된다.

3.2 시나리오 기간 내 이산화탄소 흡수량

각 수종의 재적성장량에 근거하여 시나리오 기간 내 각 수종이 1ha 당 흡수하는 이산화탄소 흡수량의 총량을 산정하여 각 시나리오 별 2010년부터 2100년까지의 이산화탄소 흡수량 총 누적치와 증가치를 도표 및 분포 지도로 분석하였다. 그 결과, 대부분의 수종 및 영급에 걸쳐 이산화탄소 흡수량의 누적 총량이 늘어난 것으로 나타났다(Table 5).

강원지방 소나무의 V영급 이상 임분과 잣나무의 II영급 임분의 경우 각각 10 이산화탄소톤(tCO₂)과 28 이산화탄소톤(tCO₂)이 감소한 것으로 나타났다. 이는 90년이라는 시나리오 기간 중 조건에 따라 성장량이 높은 영급을 반복하는 횟수가 다르기 때문에 분석되며, 해당 수종의 영급에 경우 단축된 10년간의 재적성장량을 초기영급의 재적성장량이 시나리오 기간 내에 보충하지 못해 나타난 것으로 분석된다.

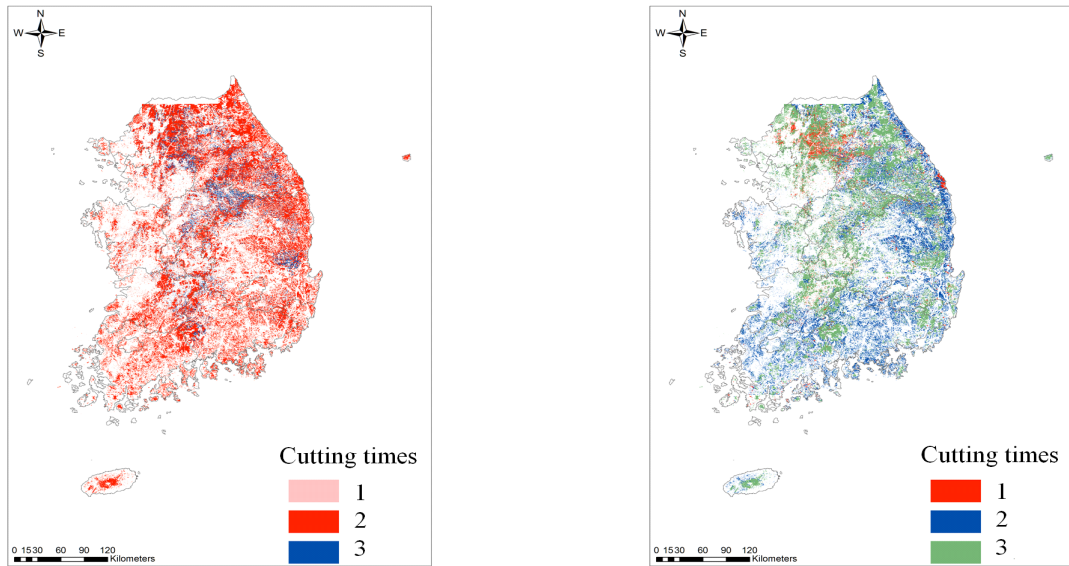
공간적으로는 강원 산간지역과 중부내륙 산간지역, 그리고 제주도와 울릉도에서 벌기령 단축 후의 이산화탄소 흡수량이 크게 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

Fig. 6은 각 수종별 ha 당 시나리오 기간 내 총 이산화탄소 흡수량을 나타낸다. 소나무는 남부지역과 남동지역에서 총 이산화탄소 흡수량이 크게 증가한 것으로 나타났다. 잣나무의 경우, 경기도와 강원도 전 지역에 걸쳐서 총 이산화탄소 흡수량이 증가하였다. 특히 강원도 동북부 지역에서 가장 큰 증가치를 보였다.

낙엽송과 참나무류는 전 지역에서 총 이산화탄소 흡수량이 증가하였다. 특정 지역에서 큰 변화를 보이기보다는 모든 지

Table 4. Minimum and maximum cutting times for each species in each scenarios

Species	Before shortening		After shortening	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
<i>Pinus densiflora</i>	2	2	2	3
<i>Pinus koraiensis</i>	1	2	2	
<i>Larix kaempferi</i>	2	3	3	4
<i>Quercus</i> spp.	2	2	3	4



(a) Before shortening of final cutting age

(b) After shortening of final cutting age

Fig. 3. Total cutting times for before ad after shortening of final cutting age.

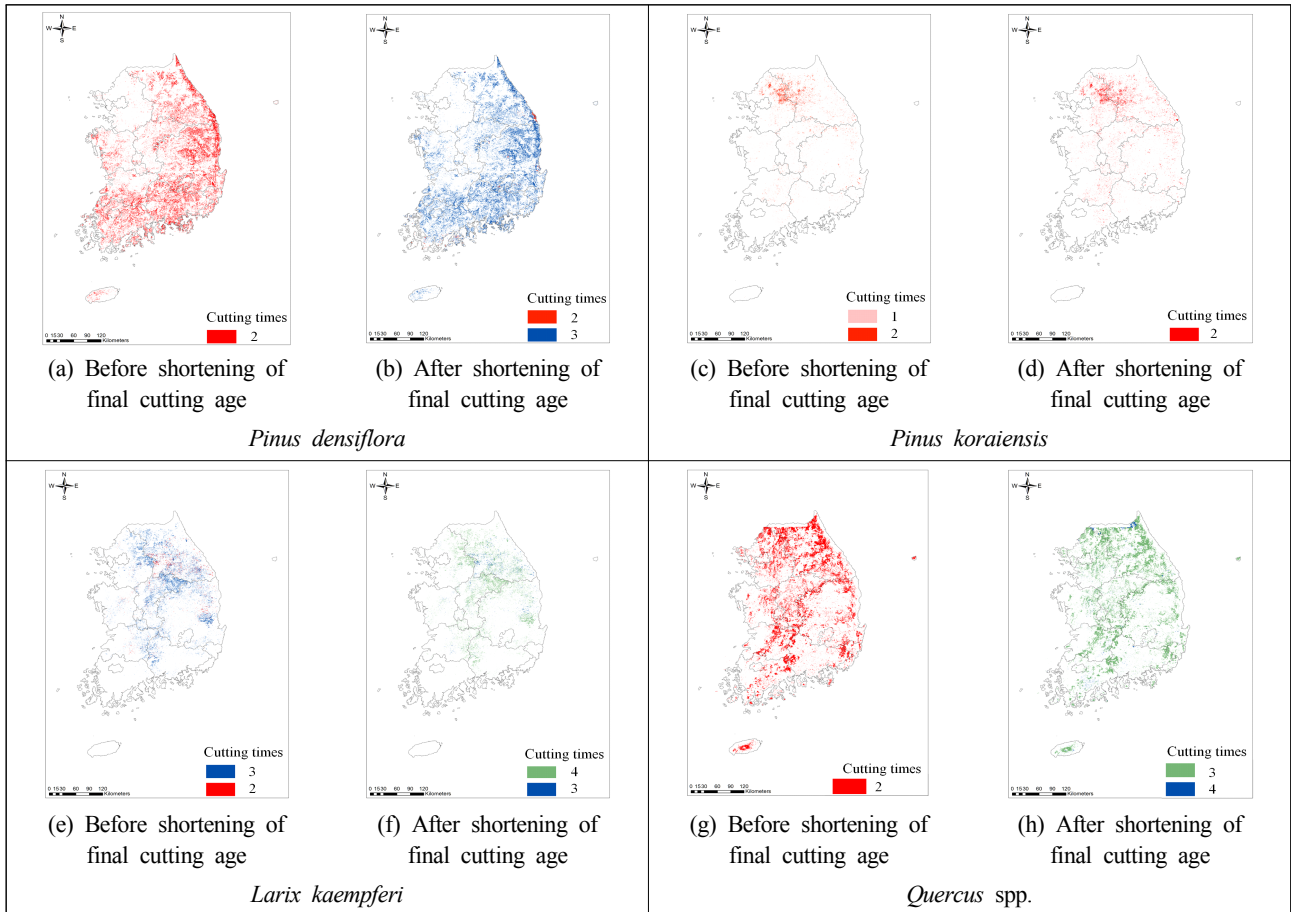
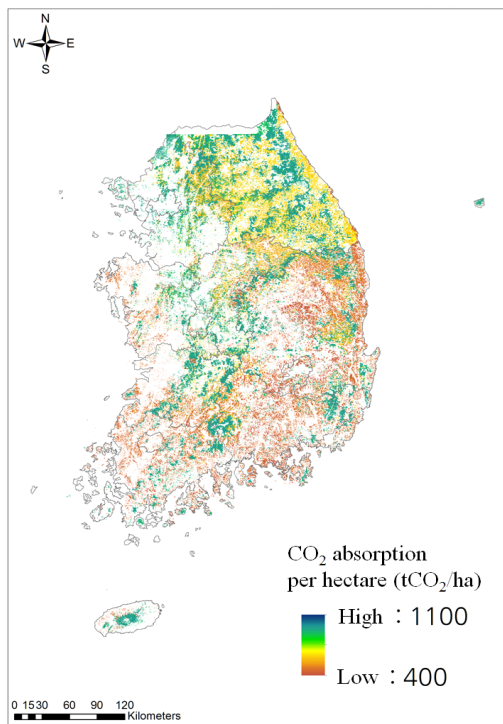


Fig. 4. Total cutting times for each species in each scenarios.

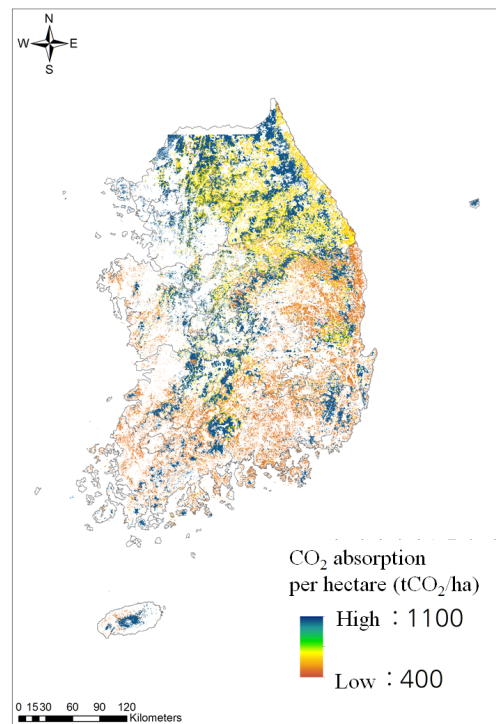
Table 5. Total CO₂ absorption and increment for 1 ha in each scenarios (tCO₂/ha)

Age class	<i>Pinus densiflora</i> (Central region)			<i>Pinus densiflora</i> (Gangwon region)			<i>Pinus koraiensis</i>		
	Before shortening	After shortening	Increment	Before shortening	After shortening	Increment	Before shortening	After shortening	Increment
I	460.7	482.7	22	631.5	642.3	11	669.5	678.7	9
II	460.6	539.4	79	601.1	642.3	41	645.3	617.4	-28
III	403.9	496.8	93	601.2	633.1	32	611.3	616.7	5
IV	446.5	482.6	36	610.4	612.0	2	562.0	629.5	67
V	471.6	482.6	11	621.7	612.0	-10	586.2	641.6	55
VI	-	-	-	-	-	-	620.3	641.6	21

Age class	<i>Larix kaempferi</i>			<i>Quercus</i> spp.		
	Before shortening	After shortening	Increment	Before shortening	After shortening	Increment
I	628.0	643.7	16	927.0	1,050.6	124
II	614.9	643.7	29	882.1	1,050.6	168
III	599.6	643.7	44	907.5	1,050.6	143
IV	600.1	643.7	44	934.5	1,050.6	116
V	-	-	-	949.1	1,050.6	101



(a) Before shortening of final cutting age



(b) After shortening of final cutting age

Fig. 5. Total CO₂ absorption for 1 ha in each scenario (tCO₂/ha).

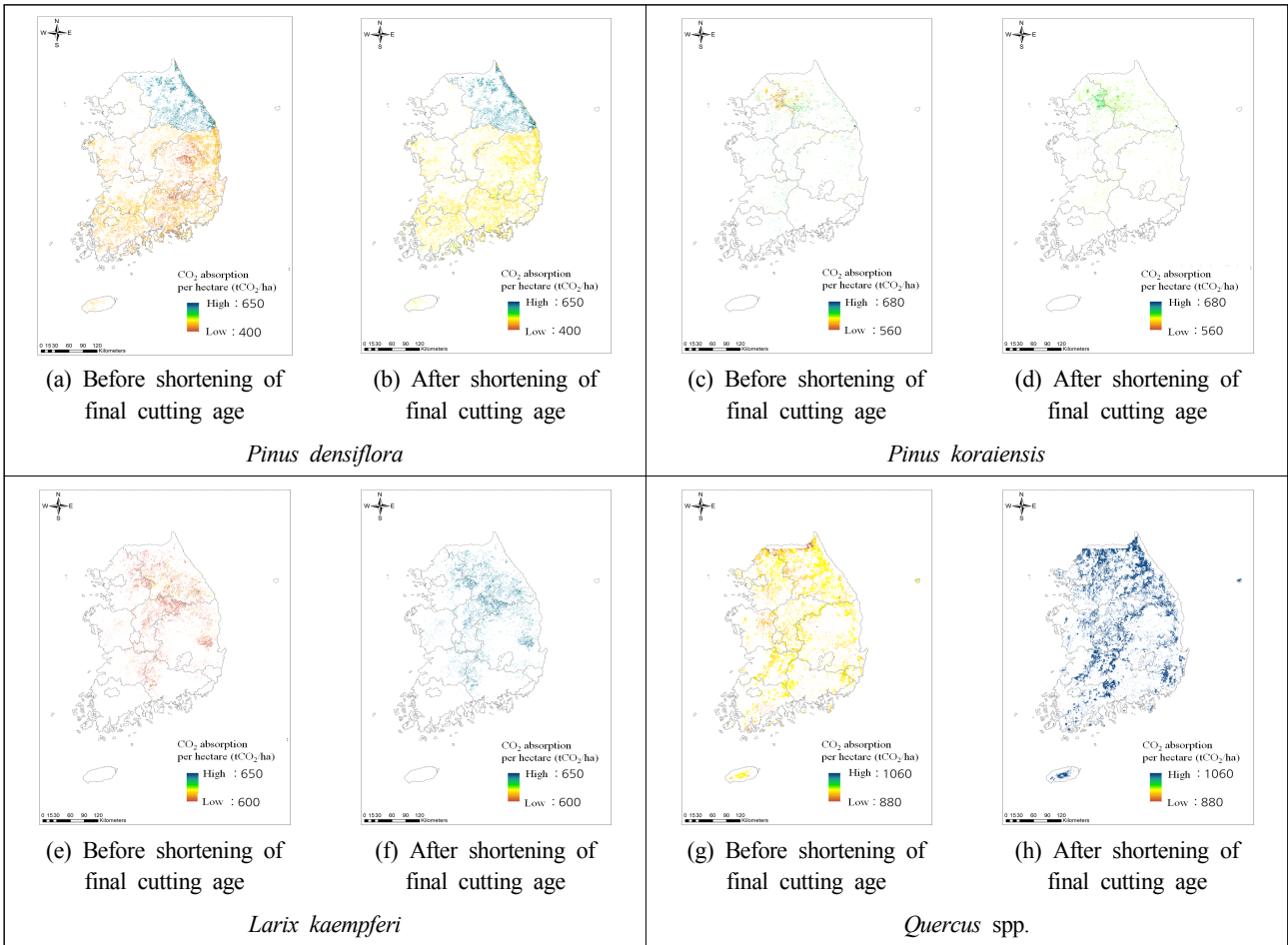


Fig. 6. Total CO₂ absorption for 1 ha for each species in each scenarios (tCO₂/ha).

역에서 높은 증가치를 보였다. 이는 낙엽송과 참나무류의 단축 후 벌기령이 30년으로서 다른 두 수종에 비하여 짧기 때문에 산림의 재적생장량과 이산화탄소 흡수율이 높은 초기 영급을 더 반복해서 거치기 때문으로 파악된다(Pregitzer and Euskirchen, 2004).

소나무의 경우, 벌기령 단축 후, 단축 전에 비하여 6.5%의 이산화탄소 흡수량 증가율을 보였다. 잣나무, 낙엽송, 참나무류는 각각 1.1%, 6.9%, 12%의 증가율을 보였다. 벌기령이 50년에서 30년으로 단축된 참나무류가 가장 많은 증가율을 보였고, 벌기령이 60년에서 50년으로 단축된 잣나무가 가장 적은 증가율을 보였다(Table 6).

대상 산림 1 ha에서 90년 동안의 각 시나리오 기간 동안 최소 -28 tCO₂/ha에서 최대 168 tCO₂/ha까지 이산화탄소 흡수량에 변화가 있는 것으로 분석되었다(Fig. 7). 특히, 강원지방 소나무가 밀집해 있고, II영급 잣나무가 다수 분포한 강원

도 지역에서 집중적인 이산화탄소 흡수량 저하가 있음을 공간적으로 확인할 수 있었다(Fig. 8(a), (b)).

V영급 이상 소나무와 II영급 잣나무의 경우, 2100년까지의 시나리오 내에서는 이산화탄소 흡수량이 감소하는 것으로 나타났으나, 동일 시나리오를 2200년까지 지속할 경우, 다른 영급과 마찬가지로 이산화탄소 흡수량이 증가하는 것으로 분석되었다. 따라서 강원도 지역에서 나타난 특정 임분들의 이산화탄소 흡수량 저하는 약 200년 후에는 흡수량 증가로 전환될 것으로 보이며, 이는 Harmon *et al.*(1990)의 연구와도 부합되는 결과이다. 참나무류에서는 전 지역에서 이산화탄소 흡수량의 큰 증가가 있는 것으로 나타났다(Fig. 8(d)).

3.3 벌채/재조림 시나리오와 이산화탄소 흡수량 증가량의 상관관계

벌기령 단축 후에 기대되는 이산화탄소 흡수량이 가장 많

Table 6. Total area, CO₂ absorption, increment and rate of increase and their averages by 1 ha per year of each species

Species	Total area (ha) (tCO ₂ per ha/yr)	Before shortening (tCO ₂)	After shortening (tCO ₂)	Increment (tCO ₂)	Rate of increase (%)
<i>Pinus densiflora</i>	1,389,915	660,631,942	703,302,443	42,670,501	6.5
	ha/yr	5.281	5.622	0.341	
<i>Pinus koraiensis</i>	232,022	143,539,236	145,058,072	1,518,836	1.1
	ha/yr	6.874	6.947	0.073	
<i>Larix kaempferi</i>	460,548	277,273,485	296,464,117	19,190,632	6.9
	ha/yr	6.689	7.315	0.463	
<i>Quercus</i> spp.	1,502,534	1,409,163,151	1,578,501,642	169,338,491	12.0
	ha/yr	10.421	11.673	1.252	

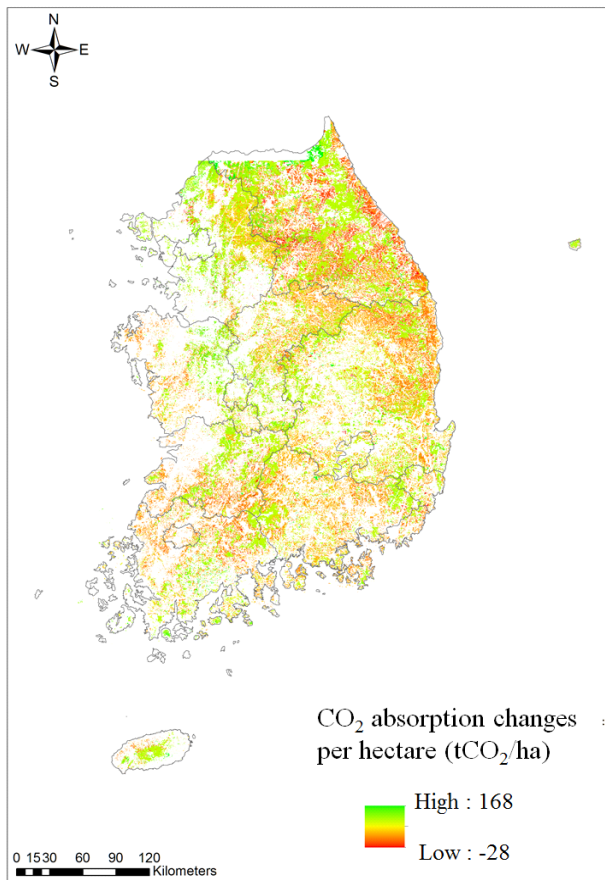


Fig. 7. Changes in CO₂ absorption per ha.

이 증가한 수종은 참나무류로 분석되었다(Fig. 8(d)). 이는 벌기령 단축 전 시나리오에서 예상된 최대 벌채 횟수 2회에서

벌기령 단축 후 최대 4회까지 늘어난 벌채횟수와 연관이 있으며, 초기 재적성장량이 뛰어난 활엽수가 초기 영급을 자주 반복하기 때문인 것으로 파악된다. 반면, 가장 적은 증가율을 나타낸 잣나무의 경우 최대 벌채 횟수가 더 이상 늘어나지 않고, 단축된 벌기령 또한 타 수종에 비해 여전히 길어 벌기령 단축의 효과를 크게 받지 못한 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 불균형한 국내 산림의 영급구조를 개선하고, 목재 생산량을 늘리기 위해서 2014년 단축된 벌기령이 산림의 주요 기능 중 하나인 이산화탄소흡수에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 모든 수종에 걸쳐 이산화탄소 흡수량이 늘어났으며, 참나무류가 가장 높은 증가율을 보였다. 잣나무의 경우, 단축된 벌기령이 여전히 길어 벌기령 단축의 효과를 극대화시키지 못한 것으로 분석되었다. 결과적으로 벌기령 단축은 벌채 횟수를 증가시키고, 산림의 생장이 활발한 초기 영급의 분포를 늘려 기존의 산림보다 더 많은 대기 중 이산화탄소를 흡수할 것으로 나타났다.

본 연구는 벌기령의 단축이 전체 산림에 미칠 영향을 전국적으로 평가하고 예측하였다는 점에서 의의가 있지만, 국·공·사유림의 구분 등 산림정책의 세부적인 면을 반영하지 못한 한계가 있다. 이번 벌기령 단축은 정책적으로 공·사유림에만 적용되었고, 국유림에는 단계적으로 적용될 예정이며, 추후 연구에서는 이러한 점을 고려해야 할 것이다.

벌기령 단축이 산림의 이산화탄소 흡수 능력에 도움이 되는 것으로 나타난 본 연구 결과는 추후 목재 생산, 문화·휴양기

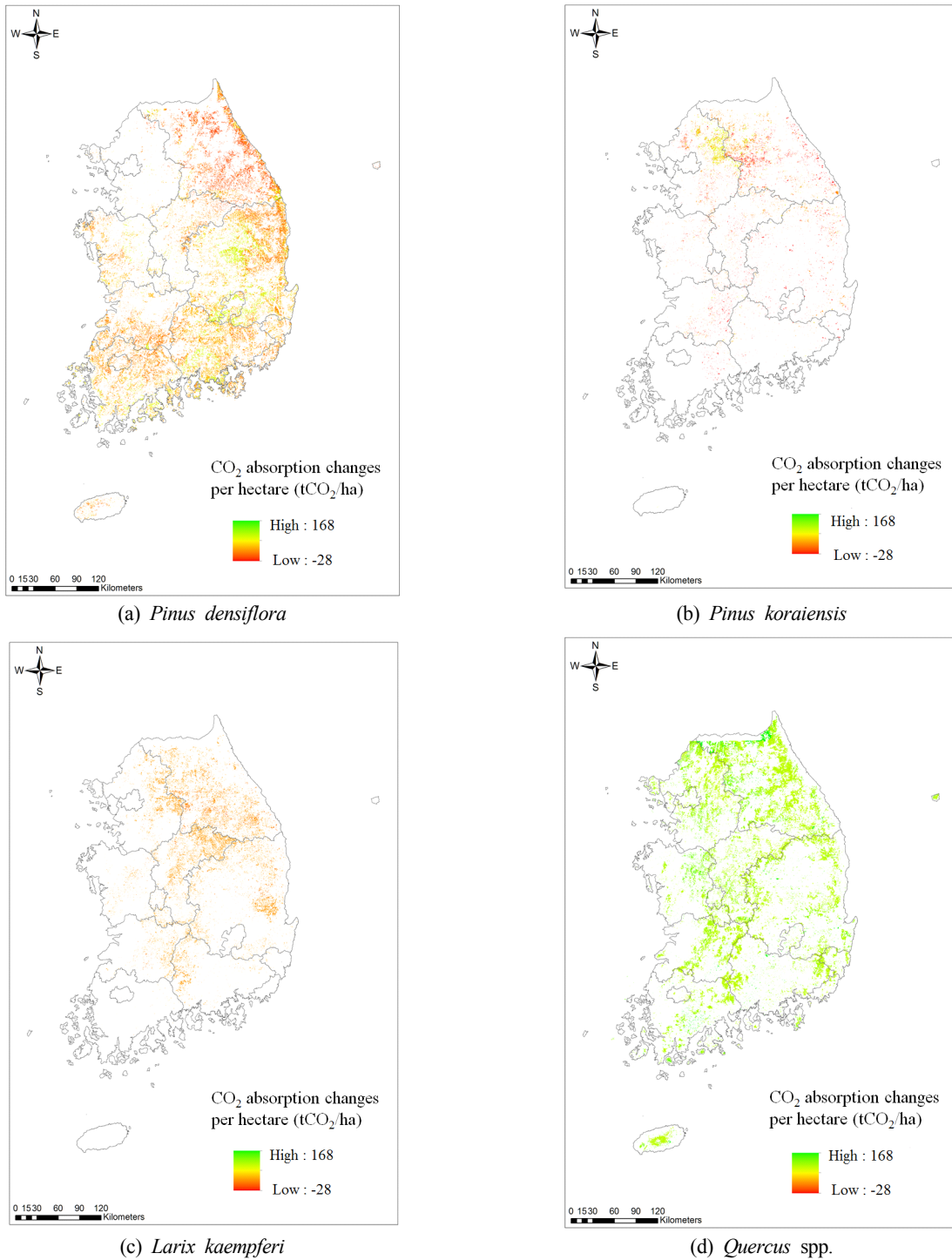


Fig 8. Changes in CO₂ absorption per ha for each species.

능, 기후변화저감 기능 등을 고려한 효과적인 산림경영계획 수립에 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대된다. 벌기령 단축의 효과를 검증한 본 연구에 이어 미래 기후변화를 적용한 산

림생장 모델을 통해 각 수종에 적합한 최적의 벌기령을 찾아내는 연구를 수행하여 국내 산림경영계획 정책결정에 필요한 결과를 얻을 수 있으리라 본다.

5. 사 사

본 연구는 환경부 ‘기후변화대응 환경기술개발사업’(과제번호: 2014001310008) 및 환경부 ‘기후변화특성화대학원사업’의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Aber JD, Botkin DB, Melillo JM. 1978. Predicting the effects of different harvesting regimes on forest floor dynamics in northern hardwoods. *Canadian Journal of Forest Research* 8(3):306-315.
- Act on Promotion and Management of Forest Resources. Korea Forest Service, 2015.
- Cooper CF. 1983. Carbon storage in managed forests. *Canadian Journal of Forest Research* 13(1):155-166.
- Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. 2014. National GHG emission factors in agriculture, LULUCF, and waste sector. Greenhouse Gas Inventory & Research Center of Korea. Korea.
- Harmon ME, Ferrell WK, Franklin, JF. 1990. Effects on carbon storage of conversion of old-growth forests to young forests. *Science(Washington)*, 247(4943):699-701.
- IPCC. 2000. Land use, land-use change, and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- IPCC. 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change, Hayama.
- Kim JH, Kim RH, Youn HJ, Lee SW, Choi HT, Kim JJ, Park CR, Kim KD. 2012. Valuation of nonmarket forest resources. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 16(4):9-18 (In Korean with English abstract).
- Korea Forest Research Institute. 2012. Economic tree species vol. 2. oak tree. Korea Forest Research Institute, Korea.
- Korea Forest Service. 2011. Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, Korea.
- Korea Forest Service. 2012. Table of tree volume/mass and yield table. Korea Forest Service, Korea.
- Korea Forest Service. 2013. 5th forest development plan(Revised). Korea Forest Service, Korea.
- Korea Forest Service. 2015. Statistical yearbook of forestry. Korea Forest Service, Korea.
- Lee KH, Kim RH, Son YM, Won MS. 2008. Research on implying new IPCC guideline for national GHG corresponding with UNFCCC - Forestry. Korea Energy Economics Institute Research Report 2008 12:1-56 (In Korean with English abstract).
- Liski J, Pussinen A, Pingoud K, Mäkipää R, Karjalainen T. 2001. Which rotation length is favourable to carbon sequestration?. *Canadian Journal of Forest Research* 31(11):2004-2013.
- Pregitzer KS, Euskirchen ES. 2004. Carbon cycling and storage in world forests: Biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* 10(12):2052-2077.
- Shim JH. 2014. Improving land value by enhancing public utility of forest. *Planning and Policy* 2014 8:15-21.
- Song BY. 1998. Utilization and recycling availability of thinned logs. *Policy Focus Policy Aid* 1998:1-141.