

## 동적 임분성장모델을 이용한 임분 바이오매스 및 탄소흡수량 추정<sup>1</sup>

서정호<sup>2</sup> · 손영모<sup>2</sup> · 이경학<sup>2</sup> · 이우균<sup>3</sup> · 손요환<sup>3</sup>

### The Estimation of Stand Biomass and Net Carbon Removals Using Dynamic Stand Growth Model<sup>1</sup>

Jeong-Ho Seo<sup>2</sup>, Yeong-Mo Son<sup>2</sup>, Kyeong-Hak Lee<sup>2</sup>, Woo-Kyun Lee<sup>3</sup>  
and Yo-Hwan Son<sup>3</sup>

#### 요 약

본 연구에서는 동적성장모델을 이용하여 산림경영(간벌작업)의 수행여부에 따른 산림의 재적변화량, 산림의 바이오매스와 탄소흡수량을 추정하였다. 간벌 수행 여부에 따른 산림의 재적 변화량을 추정한 결과, 간벌을 수행하였을 경우의 산림 재적 변화량이 현저히 높게 추정되었으며, 이로 인한 산림의 탄소흡수량의 차이도 매우 크게 추정되었다.

간벌이 이루어지지 않은 산림에서의 탄소흡수량은 0.27tC(탄소톤)/ha로 추정되었으며, 간벌이 이루어진 산림에서는 166.02tC(탄소톤)/ha(상층간벌), 163.75tC(탄소톤)/ha(하층간벌)로 각각 추정되었다. 따라서 간벌은 산림의 탄소흡수량 증진에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 판명되었으며, 각 간벌유형별 탄소흡수량은 큰 차이를 나타내지 않았다.

따라서 산림의 탄소흡수 및 탄소흡수량 증진을 위해서는 간벌작업을 통한 산림경영이 필수적인 요소라고 판단된다.

#### ABSTRACT

This study presents a method how to estimate the change of stand volume, the stand biomass and the carbon removals, using dynamic stand growth model according to whether the practices for forest management are implemented or not. As a result, it shows that the rate of stand change was significantly high if the practices were implemented. Consequently, the change of carbon removals

1. 접수 2005년 11월 11일 Received on November 11, 2005.

2. 국립산림과학원 산림경영과 Department of Forest Management, Korea Forest Research Institute, 207, Cheongyangni-2 dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-712, Korea.

3. 고려대학교 환경생태공학부 Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea.

was also high.

The carbon removals at the stand where the practices were not implemented, was estimated about 0.27tC/ha. And the carbon removals at the stand where the practices were implemented, was estimated 166.02tC/ha (thinning from above) and 163.75tC/ha (thinning from below). It is confirmed that the thinning activities has a great influence on the change of carbon removals and there was little difference of the carbon removals between thinning types.

From this result, it is proved that forest management like thinning activities is prerequisite condition to improve the carbon removals of stand.

**keywords** : biomass, carbon removal, forest management, dynamic stand growth model, thinning

## 서론

현재 산림은 기후변화협약 및 교토의정서에서 지구온난화를 유발하는 온실가스의 중요한 흡수원으로서 그 의미와 기능의 중요성이 크게 부각되고 있는 실정이며, 산림의 경영, 신규조림 및 재조림 등의 산림활동을 통한 탄소배출권의 획득을 위하여 각 활동들에 대한 정확한 변화량 측정법이 요구된다.

신규조림이나 재조림의 경우, 현재의 나지에 산림을 조성하는 것으로 이에 대한 측정에 큰 어려움이 따르지 않으나, 산림경영에 의한 현존산림의 변화량, 특히 생체량의 변화량 추정은 매우 복잡하다. 또한 산림경영 시 이루어지는 시업은 특정 시업에 국한되지 않고 조림에서 최종 벌채에 이르기까지 매우 다양하며, 동일 시업이라도 그 강도와 방법에 따라 생체량은 매우 민감하게 변화한다.

현재까지 시업에 따른 임분차원의 산림 변화량 추정을 위하여 가장 많이 이용되고 있는 수확표(yield table)는 관리방법이 고정된 일종의 정적임분성장모델(static stand growth model)이다(이우균 외, 1999; 이우균, 1996; Vanclay, 1994). 이러한 정적임분성장모델은 다양한 시업을 전제로 한 산림의 변화량을 예측할 수 없기 때문에 실용성이 낮은 문제점을 갖고 있다. 따라서, 산림 변화량의 정확도를 향상시키기 위하여 다양한

시업에 따른 임분의 변화를 예측할 수 있는 동적 임분성장모델(dynamic stand growth model)의 구축은 매우 중요하다.

본 연구에서는 기존에 구축된 안면도 소나무림의 동적임분성장모델을 이용하여 산림경영, 특히 간벌작업에 따른 산림의 재적변화량을 예측하고, 예측된 변화량을 건중량(biomass)으로 환산하였다. 환산된 건중량을 탄소전환계수를 이용하여 경영기간동안 산림이 흡수한 탄소량으로 환산하여, 간벌작업이 산림의 탄소흡수에 미치는 영향을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 연구 대상지

본 연구에서는 기존에 안면도 소나무림을 대상으로 구축된 동적성장모델을 이용하여 탄소흡수량 변화를 예측하였다.

안면도는 동경 126°27'~126°10', 북위 36°26'~36°37' 사이의 태안반도 서남단에 위치하고 있으며, 남북의 길이가 총 33km, 동서의 폭은 6km 이고 섬 전체의 넓이는 11,346ha에 달한다(안면읍, 1990). 안면도는 신야리의 국사봉(해발 109m)을 제외하고는 대부분 해발 60m 미만의 구릉성 산지로 연봉을 이루고 있으며 산림이 매우 양호한 상태이다. 산림이 차지하는 면적은 안면도

**Table 1.** General description of stand data measured in 96 plots

Variables	Mean	Min.	Max.	Std. Dev	C.V.
age(year)	43.81	11	95	24.99	0.57
dbh(cm)	19.24	2.8	37.2	9.34	0.49
mean height(m)	12.75	3.5	23.5	4.36	0.34
dominant height(m)	13.71	3.9	24.6	4.54	0.33
No. of stem per ha(N/ha)	2128.64	175	7999	1842.60	0.87
basal area per ha(m <sup>2</sup> /ha)	37.73	3.65	162.44	23.21	0.62
site index	9.21	3.65	14.78	1.77	0.19
volume per ha(m <sup>3</sup> /ha)	0.26	0.002	0.93	0.26	1.01

Std. Dev : Standard deviation, C.V. : Coefficient of variation.

총 면적의 약 47%인 5,300ha 정도에 달하며 주로 소나무림(*Pinus densiflora*)이 대부분을 차지한다. 또한 안면도의 산림 중 도유림이 거의 대부분(91.7%)을 차지하고 있으며, 지형이 매우 완만하여 산림경영에 있어 매우 유리한 조건을 지닌 지역으로 평가받고 있는 지역이다.

표 1은 기존의 연구에서 안면도의 도유림 중 소나무림 약 3,264ha를 대상으로 96곳의 표본점을 설정하여 임분조사를 실시하여 분석된 안면

도 소나무림의 임황자료이다(Table 1).

## 2. 동적임분성장모델

산림의 재적변화량 예측을 위한 동적성장모델은 기존에 안면도의 도유림 중 소나무림 약 3,264ha를 대상으로 구축된 임분성장모델을 이용하였다(서정호, 2000; 서정호 외 2001; Jeong-Ho Seo, 2005). 본 연구에서 이용된 임분성장모델

**Table 2.** Applied dynamic stand growth model

Model	Equation
Quadratic mean DBH after thinning	$dgv = dgg \cdot 1.1035 \cdot A^{0.0480} \cdot NG^{-0.0234}$
Mean tree height after thinning	$hgv = hgg \cdot 1.0793 \cdot A^{0.0208} \cdot NG^{-0.0170}$
Stem number per ha	$N = 139759.8297 \cdot dgg^{-1.6349}$
Maximum stem number per ha	$N_{max} = 242575.2361 \cdot dgg^{-1.6349}$
Quadratic mean DBH growth	$dgg = 62.7280 \cdot SI^{0.2677} \cdot AI^{0.0122} \cdot e^{-4.3969 \cdot N^{0.0007} A^{-0.3415}}$
Growth of dominant tree height	$h_o = 19.6226 \cdot (1 - e^{-0.0391 \cdot A})^{1.2289}$
Mean tree height	$hgg = 0.85873 \cdot h_o$
Volume	$v_a = e^{-9.6757} dgg^{1.9974} hgg^{0.8211}$

*dgv* : DBH after thinning, *dgg* : DBH before thinning, *A* : stand age, *NG* : NG index, *hgv* : stand mean height after thinning, *hgg* : stand mean height before thinning, *N* : stem number per ha, *N<sub>max</sub>* : maximum stem number per ha, *SI* : site index, *AI* : aspect index, *h<sub>o</sub>* : dominant tree height, *v<sub>a</sub>* : stand volume per ha.

의 Table 2와 같다.

### 3. 간벌모형

동적임분성장모형 중 간벌 후 임분평균직경과 임분평균수고의 변화 추정식에서 이용된 독립변수  $NG$  는 간벌의 종류 및 간벌의 강도를 계량화하여 수치로 나타내는 지수로서 다음과 같이 계산 된다(Kassier, 1993; Staupendahl, 1999).

$$NG = \frac{N_r / N_t}{BA_r / BA_t} = \frac{rN}{rBA}$$

where;

$N_r$  : removed stem number per ha,

$N_t$  : total stem number per ha(before thinning),

$BA_r$  : removed basal area per ha,

$BA_t$  : total basal area per ha(before thinning),

$rN$  : the portion of the removed stem number of the total stem number,

$rBA$  : the portion of the removed basal area of the total basal area.

$NG$  지수는 상층간벌의 경우, 임분평균고직경보다 큰 임목이 벌채되므로 벌채되는 본수비율보다 벌채되는 단면적의 비율이 높게 계산된다. 따라서 상층간벌의 경우에는  $NG$  값이 1보다 적은 값으로 계산된다. 이와 반대로 하층간벌의 경우에는 상대적으로 적은 임목이 벌채되어 벌채되는 본수비율이 벌채되는 단면적 비율보다 높게 계산되므로  $NG$  값은 1보다 큰 값을

갖게 된다. 그리고 임분평균고직경과 유사한 임목들을 벌채한 경우에는  $NG$  값이 1에 수렴하게 된다.  $NG$  지수를 이용하면 간벌 후 간단한 계산으로 간벌유형을 구별할 수 있다.

본 연구에서는 무작업(무간벌), 상층간벌( $NG=0.8$ ) 그리고 하층간벌( $NG=1.2$ )의 세 가지 간벌유형을 적용하였으며 각 간벌시기에서의 시업강도는 동일(간벌 전 ha당 임목본수의 20%)하게 적용하였다.

### 4. 임분 바이오매스 및 순 탄소 흡수량 추정

각 간벌유형별 임분 재적변화량이 동적임분성장모형에 의하여 추정되면, 경영 개시 시점에서의 임분 재적과 경영 종료 시점에서의 재적 차이를 계산하여 산림의 재적변화량을 추정하였다. 간벌에 의하여 생산된 재적은 목질계 연료 혹은 저가공에너지로 이용하여 흡수한 탄소를 배출하지 않는다는 전제로 재적 생산량으로 산정하였으며, 경영기간 중 발생하는 고사량은 목재나 기타 용도로 이용되지 않으며 자체부식에 의하여 탄소를 배출하는 배출원으로 간주하여 재적 손실량으로 산정하였다. 총 산림 재적변화량은 간벌 유형별 재적변화량과 재적 생산 및 손실량 등을 합산하여 추정하였다.

산출된 총 산림변화량(재적변화량)은 수간밀도를 적용하여 중량으로 환산한 후, 바이오매스 확장계수를 이용하여 바이오매스량으로 환산하

**Table 3.** Process of conversion to calculate total carbon removal caused by the forest management

Item	Forest management	No management
Total forest exchange	$V_t = V_b - V_a + V_p$	$V_t = V_b - V_a$
Biomass	$B = 0.388^* \cdot 1.735^{**} \cdot V_t$	$B = 0.388^* \cdot 1.735^{**} \cdot V_t$
Total carbon removal	$Cr = B \cdot 0.5^{***}$	$Cr = B \cdot 0.5^{***}$

$V_t$  : total forest exchange(volume exchange),  $V_b$  : volume before the management,

$V_a$  : volume after the management,  $V_p$  : produced volume by management within management horizon,

$B$  : biomass,  $Cr$  : total carbon removals(unit : tC, ton of carbon),

\* : stem density (ton/m<sup>3</sup>), \*\* : biomass conversion index, \*\*\* : carbon conversion index.

Table 4. Sample plot data for simulation of forest management

Item	Data	Item	Data
Stand type	<i>Pinus densiflora</i> pure stand	Basal area per ha	53.01m <sup>2</sup> /ha
Stand age	20 years	Volume per ha	285.77m <sup>3</sup> /ha
Stem number per ha	3,000/ha	Area of sample plot	1ha
mean DBH	15cm	Thinning interval	every 5 year
Dominant tree height	12m	Management horizon	40 years

고, 환산된 바이오매스량은 탄소전환계수를 이용하여 총 탄소흡수량으로 환산하였다(Table 3). 본 연구에서는 바이오매스확장계수로 1.735를 적용하였으며, 탄소전환계수는 0.5를 적용하였다(국립산림과학원, 2004).

생장모델을 이용하여 산림경영을 수행하였다. 간벌 작업에서 적용된 간벌 주기는 5년을 그리고 총 경영기간은 40년을 적용하였다.

### 결 과

#### 5. 경영 대상지

산림변화량 측정을 위하여 표 4와 같은 가상의 표준지 자료(Table 4)를 마련한 후, 동적임분

#### 1. 무작업(무간벌)

표 5의 결과는 간벌작업이 이루어지지 않았을 경우 산림 재적변화량을 동적생장모델을 이

Table 5. The exchange of stand development without forest management

Age	N/ha	DBH (cm)	Mean height (m)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Volume (m <sup>3</sup> /ha)	Number of dead tree (mortality)	Volume of dead tree (m <sup>3</sup> /ha)
20	3,000	15.00	10.30	53.01	285.77 <sup>①</sup>		
25	2,672	15.76	12.23	52.14	323.53	328	31.22
30	2,436	16.68	13.86	53.23	365.94	236	28.55
35	2,237	17.57	15.23	54.26	402.89	199	29.88
40	2,066	18.45	16.37	55.22	435.11	171	30.77
45	1,920	19.30	17.32	56.14	463.25	146	30.74
50	1,793	20.12	18.11	57.00	487.87	127	30.64
55	1,681	20.93	18.77	57.83	509.48	112	30.46
60	1,583	21.71	19.31	58.61	528.52 <sup>②</sup>	98	29.70
Total						1,417	241.96 <sup>④</sup>

- Change of volume : ②-①=242.75m<sup>3</sup>/ha<sup>③</sup>
- Total products of volume : ④=-241.96m<sup>3</sup>/ha
- Total change of volume : ③+④=0.79m<sup>3</sup>/ha<sup>⑤</sup>
- Biomass : 0.388 · 1.735 · ⑤=0.53ton/ha<sup>⑥</sup>
- Carbon removal : ⑥ · 0.5=0.27tC/ha<sup>⑦</sup>
- Annual carbon removal : ⑦/40=0.0066tC/ha/year

용하여 추정한 결과이다.

간벌이 이루어지지 않은 경우, 산림의 재적 변화량이  $242.75\text{m}^3/\text{ha}$  로 추정되었으나, 경영(간벌)에 의한 재적 생산량은 0, 고사에 의한 재적 손실량은  $241.96\text{m}^3/\text{ha}$ 로 추정되었다. 이 값들을 합산한 산림의 총 재적 변화량은  $0.79\text{m}^3/\text{ha}$ 으로 추정되었으며, 이에 대한 바이오매스변화량 및 탄소흡수량은 각각  $0.53\text{ton}/\text{ha}$ 과  $0.27\text{tC}/\text{ha}$ , 그리고 연간 탄소흡수량은 약  $0.0066\text{tC}/\text{ha}/\text{year}$ 으로 추정되었다.

따라서 간벌이 이루어지지 않은 경우(산림경영이 수행되지 않은 경우), 재적변화량(재적생장량)만큼의 고사(재적 손실량)가 발생하여 바

이오매스변화량 및 탄소흡수량은 0에 수렴하게 되어 탄소배출권 등과 관련된 이득은 없을 것으로 추정되었다.

## 2. 상층간벌

상층간벌은 평균치보다 큰 입목을 제거하여, 잔존목의 성장조건을 완화시키기 위한 간벌방식이다. 표 6은 상층간벌( $NG=0.8$ )을 적용하였을 때 산림의 재적변화 예측량이다.

상층간벌이 실시되면 경영완료 후 잔존임분의 재적이  $287.93\text{m}^3/\text{ha}$ 로 예측되어 간벌이 이루어지지 않은 산림에 비하여 현저히 낮은 값이 예

**Table 6.** The exchange of stand development with thinning from above( $NG=0.8$ )

Age	N/ha	DBH (cm)	Mean height (m)	Basal area ( $\text{m}^2/\text{ha}$ )	Volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )	Thinning intensity (rN)	Product ( $\text{m}^3/\text{ha}$ )
20	3,000	15	10.3	53.01	285.77		
25	2,672	15.76	12.23	52.14	323.53		-31.22*
25	2,138	15.72	12.22	39.11	257.3	0.2	66.23
30	2,138	17.69	13.86	52.51	360.93		
30	1,710	17.61	13.84	39.38	286.03	0.2	74.90
35	1,710	19.48	15.23	50.95	378.28		
35	1,368	19.37	15.2	38.22	298.88	0.2	79.40
40	1,368	21.16	16.37	48.09	378.77		
40	1,094	21.02	16.33	36.07	298.49	0.2	80.28
45	1,094	22.73	17.32	44.41	366.35		
45	876	22.57	17.27	33.31	288.05	0.2	78.30
50	876	24.22	18.11	40.32	344.93		
50	700	24.02	18.04	30.24	270.65	0.2	74.28
55	700	25.62	18.77	36.1	317.88		
55	560	25.39	18.69	27.07	248.96	0.2	68.92
60	560	26.94	19.31	31.95	287.93		
Total							491.09

- Change of volume :  $287.93-285.77=2.16\text{m}^3/\text{ha}$
  - Total products of volume :  $491.09\text{m}^3/\text{ha}$  (Products-Mortality)
  - Total change of volume :  $493.25\text{m}^3/\text{ha}$
  - Biomass :  $0.388 \cdot 1.735 \cdot 493.25=332.05\text{ton}/\text{ha}$
  - Carbon removal :  $332.05 \cdot 0.5=166.02\text{ton}/\text{ha}$
  - Annual carbon removal :  $166.02/40=4.15\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$
- \* : Mortality.

Table 7. The exchange of stand development with thinning from below( $NG=1.2$ )

Age	N/ha	DBH (cm)	Mean height (m)	Basal area (m <sup>2</sup> /ha)	Volume (m <sup>3</sup> /ha)	Thinning intensity (rN)	Product (m <sup>3</sup> /ha)
20	3,000	15.00	10.30	53.01	285.77	0.2	
25	2,672	15.76	12.23	52.14	323.53	0.2	-31.22*
25	2,138	16.10	12.34	43.45	271.83	0.2	51.70
30	2,138	18.03	13.86	54.56	374.98	0.2	
30	1,710	18.38	13.97	45.46	313.95	0.2	61.03
35	1,710	20.18	15.23	54.70	406.03	0.2	
35	1,368	20.55	15.34	45.58	338.93	0.2	67.10
40	1,368	22.24	16.37	53.13	418.44	0.2	
40	1,094	22.62	16.48	44.28	348.38	0.2	70.06
45	1,094	24.21	17.32	50.37	415.45	0.2	
45	876	24.61	17.43	41.98	345.09	0.2	70.36
50	876	26.10	18.11	46.85	400.71	0.2	
50	700	26.51	18.21	39.04	332.17	0.2	68.54
55	700	27.93	18.77	42.90	377.73	0.2	
55	560	28.34	18.86	35.75	312.53	0.2	65.20
60	560	29.69	19.31	38.79	349.50		
Total							422.77

- Change of volume :  $349.50-285.77=63.73\text{m}^3/\text{ha}$
- Total products of volume :  $422.77\text{m}^3/\text{ha}$  (Sum of products-Mortality)
- Total change of volume :  $486.50\text{m}^3/\text{ha}$
- Biomass :  $0.388 \cdot 1.735 \cdot 486.50=327.50\text{ton}/\text{ha}$
- Carbon removal :  $327.50 \cdot 0.5=163.75\text{ton}/\text{ha}$
- Annual carbon removal :  $163.75/40=4.09\text{ton}/\text{ha}/\text{year}$
- \* : Mortality.

측되었다. 그러나, 경영기간 중 간벌에 의하여 발생된 총 생산량(고사량 제거)과 산림 재적 변화량의 총합은  $493.25\text{m}^3/\text{ha}$ 으로 추정되어, 실제 재적 변화량은 2배 이상 높게 추정되었다(그림 1 참조). 또한, 바이오매스량은  $332.05\text{ton}/\text{ha}$ 으로 추정되었으며, 탄소흡수량은  $166.02\text{tC}/\text{ha}$ , 연간 탄소흡수량은  $4.15\text{tC}/\text{ha}/\text{year}$ 으로 추정되어 간벌이 이루어지지 않은 경우에 비하여 매우 높은 탄소흡수량이 추정되었다.

### 3. 하층간벌

하층간벌은, 생장이 다른 입목에 비하여 불량

한 입목이나, 상층목에 의하여 피압이 발생한 입목들을 제거하기 위한 간벌방식이다. 상층간벌과 동일하게 하층간벌은 임분 내 잔존목의 생육공간을 제공하고 성장을 촉진시키는 경영활동이다. 표 7은 하층간벌( $NG=1.2$ )을 적용하였을 때의 산림 재적 변화 예측량이다.

하층간벌을 실시하였을 경우, 상층간벌을 실시한 경우의 추정치들과는 전체적으로 큰 차이가 나타나지 않았으나, 잔존 임분의 재적이 상층간벌에 비하여 높게 추정되었고, 간벌에 의한 생산량은 약간 적게 추정되었다. 이는 간벌작업 시 비교적 적은 입목에 대해 벌채를 실시하여 잔존입목의 생체량이 상대적으로 큰 하층간벌

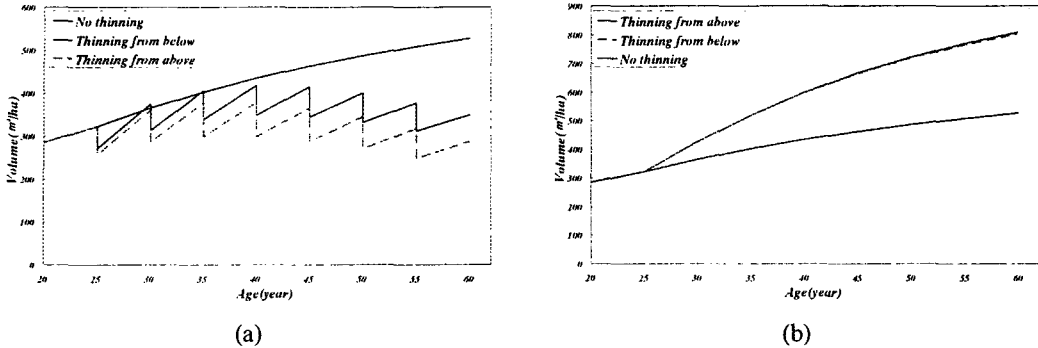


Figure 1. Difference on periodical change of residual volume(a) and periodical change of total volume(b) by forest management type with reference to “without management.”

의 특성 때문이다.

경영기간 중 간벌에 의하여 발생된 총 생산량(고사량 제거)과 산림 재적변화량의 총합은  $486.50\text{m}^3/\text{ha}$ 로 추정되어, 하층간벌에서도 간벌이 이루어지지 않은 경우에 비하여 산림의 재적변화량은 약 2배 정도 높게 추정되었다(그림 1 참조). 또한, 바이오매스 변화량은  $327.50\text{ton}/\text{ha}$ 로 추정되었으며, 탄소흡수량은  $163.75\text{tC}/\text{ha}$ , 연간 탄소흡수량은  $4.09\text{tC}/\text{ha}/\text{year}$ 으로 상층간벌과는 유사한 값이 추정되었으며, 간벌이 이루어지지 않은 경우에 비해서는 상층간벌과 마찬가지로 높은 탄소흡수량이 추정되었다.

## 결론

동적임분성장모델을 이용하여, 간벌 수행여부에 따른 산림의 재적 변화량을 추정한 결과 간벌을 수행하였을 경우의 산림 재적 변화량이 현저히 높게 추정되었으며, 이로 인한 산림의 탄소흡수량의 차이도 매우 크게 추정되었다. 간벌이 이루어지지 않은 산림에서의 탄소흡수량은  $0.27\text{tC}/\text{ha}$ 로 추정되었으며, 간벌이 이루어진 산림에서는  $166.02\text{tC}/\text{ha}$ (상층간벌),  $163.75\text{tC}/\text{ha}$ (하층간벌)로 각각 추정되었다. 따라서 간벌은 산림의 탄소흡수량 증진에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 판명되었으며, 각 간

벌유형별 탄소흡수량은 큰 차이를 나타내지 않았다.

비록 간벌이 이루어지지 않아도 잔존 임분의 재적은 간벌이 이루어지는 산림의 임분 재적에 비하여 매우 높게 추정되어 외형적으로는 간벌이 산림의 탄소흡수를 저해하는 요인으로 판단될 수 있다(그림 1). 그러나 경영 미 실시 산림은 경영기간 내에 고사가 발생하여 내부적인 손실이 발생하여 결과적으로 탄소흡수량은 매우 적으며, 잔존 임분의 ha당 본수(1,583)는 경영 실시 산림에 비해 많지만 임목의 크기가 현저히 작아(21.71cm), 생장이 불량한 임목이 다량으로 존재하는 불량한 산림으로 유도될 것으로 추정된다. 따라서 산림의 탄소흡수 및 탄소흡수량 증진을 위해서는 간벌작업을 통한 산림경영이 필수적인 요소라고 판단된다.

## 고찰

본 연구에서는 간벌작업의 시업강도를 20%로 고정하고 2가지의 간벌유형만을 적용하여, 간벌유형에 따른 산림 재적변화량의 차이를 구명한 결과 매우 적게 추정되었다. 추후, 간벌 종류별 다양한 시업강도를 적용하여 탄소흡수량을 증진시키는 시업강도에 대한 분석이 이루어진다면, 탄소흡수량 증진을 위한 최적의 시업계획 수립이 가능하여 산림의 탄소흡수기능을 최



대로 발휘하는 산림의 경영이 이루어질 것으로 판단된다.

산림경영활동은 조림에서 최종 벌채까지 시업의 종류가 다양하나, 본 연구에서는 간벌작업만을 적용하여 산림의 재적변화량 및 탄소흡수량을 추정하였다. 산림의 재적변화량은 간벌 작업에 의해서만 아니라, 조림작업 및 무육관리 등에 의해서도 그 차이가 매우 상이하므로 추후 각 작업별 산림의 재적변화량이 추정되면 탄소흡수량 증진을 위한 총괄적 산림관리 기법수립이 보다 용이할 것으로 판단된다.

또한 본 연구에서는 경영목적별 시업주기를 배제하고 40년의 경영기간을 동일하게 적용하였다. 경영목적별 즉, 우량대경재생산을 위한 장벌기 시업체계 혹은 중소경재 생산을 위한 시업체계 등은 세부적 시업방법이 서로 상이하므로 이에 따른 산림의 재적변화량과 총 탄소흡수량은 매우 상이할 것이 예상되므로 경영목적별 탄소흡수량 변화에 대한 예측 또한 추후 수행되어야 할 것으로 판단된다.

### 인 용 문 헌

1. 국립산림과학원. 2004. 수종별 탄소전환계수. 산림경영과 내부자료.
2. 서정호. 2000. 안면도 소나무림의 임분 및 단목생장모델에 관한 연구. 고려대학교 석

사학위논문.

3. 서정호, 이우균, 손요환, 함보영. 2001. 안면도 소나무 임분의 동적생장모델. 한국임학회지 90(6) : 725-733.
4. 안면읍. 1990. 안면도지. 957pp.
5. 이우균. 1996. 의치종속임분조사에 의한 개체목의 경쟁지수 및 흉고직경 성장 추정. 한국임학회지 85(3) : 539-551.
6. 이우균, 서정호, 황재우, 김진수. 1999. 경쟁지수에 의한 잣나무임분의 흉고직경생장모델 한국산림측정학회지 2(1) : 21-30.
7. Kassier, H. W. 1993. Dynamics of diameter and height distributions in commercial timber plantations, PhD dissertation, Faculty of Forestry, Univ. of Stellenbosch, South Africa.
8. Seo, Jeong-Ho. 2005. Modeling applications for optimizing forest development. Cuvilier Verlag, Göttingen. ISBN 3865373607.
9. Staupendahl, K. 1999. Bestandesbezogene Modellierung von Durchforstungen in Buchenreinbeständen auf der Basis des Stammzahl-Grundflächen-Verhältnisses. Vortrag anlässlich der Jahrestagung der Sektion Ertragskunde des Deutschen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten in Volprehausen/ Solling am 17.-19. Mai 1999.
10. Vanclay, J. K. 1994. Modelling forest growth and yield applications to mixed tropical forests. CAB International, Wallingford, UK.