

忠州地域의 신갈나무와 굴참나무 天然林 生態系의
地上部 및 土壤 中 炭素固定에 關한 研究^{1*}

朴 寬 洙²

Aboveground and Soil Carbon Storages in *Quercus
mongolica* and *Quercus variabilis* Natural
Forest Ecosystems in Chungju^{1*}

Gwan-Soo Park²

要 約

충청북도 충주지역에서 생육하는 평균수령 39년생 신갈나무림과 평균수령 40년생 굴참나무 천연림 생태계의 지상부와 토양중 탄소고정량을 조사하기 위하여 임분별 10주씩 총 20주의 표본목을 선정 벌목하고 토양시료를 채취하였다. 신갈나무림과 굴참나무림의 지상부 탄소고정량을 추정하기 위하여 방정식 모형 $Wt=aD^b$ 를 사용하여 추정한 지상부 총 탄소고정량은 신갈나무림에서 48.85tonC/ha와 굴참나무림에서 57.49tonC/ha으로 신갈나무림보다 굴참나무림에서 높은 탄소고정량을 보였다. 부위별 탄소함량 구성비는 신갈나무림과 굴참나무림 모두에서 수간목부, 생지부, 수피, 그리고 잎의 순으로 높았다. 연간 고정할 수 있는 탄소량은 신갈나무림이 5.88tonC/ha, 굴참나무림이 5.12tonC/ha으로 굴참나무림보다 신갈나무림에서 높게 나타났다. 토양내 탄소함량은 신갈나무림과 굴참나무림이 0-50cm의 깊이에서 비슷한 값인 67.0tonC/ha와 67.8tonC/ha이었으며 소나무군락 54.7tonC/ha보다 높게 나타났으나 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study has been carried out to estimate aboveground and soil carbon contents in an average 39-year-old *Quercus mongolica* and 40-year-old *Quercus variabilis* stands in Chungju, Chungbuk. Ten sample trees were cut in each forest and soil samples were collected. Aboveground carbon content was estimated by the equation model $Wt=aD^b$ where Wt is oven-dry weight in kg and D is DBH in cm. Total aboveground carbon content was 48.85tonC/ha in *Quercus mongolica* stand and 57.49tonC/ha in *Quercus variabilis* stand. The proportion of each tree component to total aboveground carbon content was high in order of bolewood, branches, bolebark, and leaves in the two forests. Aboveground net primary production was estimated at 5.88tonC/ha in *Quercus mongolica* stand and 5.12tonC/ha in *Quercus variabilis* stand. Soil carbon content was 67.0tonC/ha in *Quercus mongolica* stand, 67.8tonC/ha in *Quercus variabilis* stand, and 54.7tonC/ha in *Pinus densiflora* stand. There was no significant difference in soil carbon content among the three forests.

Key words : *Quercus mongolica*, *Quercus variabilis*, *Pinus densiflora*, biomass, net production

¹ 接受 1998年 11月 13日 Received on November 13, 1998.

² 충남대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea.

* 본 연구는 1997년도 한국학술진흥재단의 post-Doc. 연구비 지원에 의하여 수행되었음

緒 論

최근 화석연료의 사용증가와 대규모 벌채로 인하여 대기중 CO₂함량은 1850년에 약 280ppm이었던 것이 1989년에 약 350ppm으로 증가하였으며, 앞으로 계속될 인구증가와 경제활동의 가속화로 인해 21세기 후반에 대기중 CO₂함량은 산업혁명 이전보다 2배 이상 증가할 것으로 전망된다(Winjum 등, 1992). 대기중 CO₂함량 증가와 지구온난화 문제로 인하여 산림생태계의 중요성은 그 어느 때보다도 크다 할 수 있는데, 이는 산림생태계가 육상생태계내 지상부 탄소축적량의 약 90%와 지하부 탄소축적량의 40%를 차지하고 있으며(Waring과 Schlesinger, 1985), 지구에서 육지와 대기사이의 탄소순환은 해양과 대기간 탄소순환보다 크므로(Winjum 등, 1992) 산림생태계는 대기중 CO₂ 증가 억제를 위한 어떠한 시도에서도 유용한 매개체로서 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

대기중 CO₂함량 증가와 지구온난화는 현재 전세계의 가장 중요한 환경적 관심사이자 반드시 해결해야만 하는 난제임은 분명하며 이에 따른 다각적인 연구가 진행중에 있다. 특히 지구전체의 탄소순환(방출량과 흡수량)에 대한 연구(Tans 등, 1990; Post 등, 1994)와 탄소방출의 매개체 및 축적지에 대한 연구(Dixon 등, 1994) 및 대기중 함량억제를 위한 방법제시, 그밖에 산림생태계를 이용한 대기중 증가억제를 위한 방법제시(Kurz 등, 1992; Sedjo, 1989; Vitousek, 1991; Dixon 등, 1994)등의 연구가 활발히 진행되어 왔다. 우리나라 전국토 면적의 약 65%를 차지하는 산림생태계는 탄소의 주된 축적지로서 그 중요성은 그 어느 때보다도 크다 하겠다. 우리나라의 산림생태계내 탄소축적에 관한 연구는 극히 빈약한 실정이며 이에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구는 우리나라 낙엽활엽수 천연림의 주종을 이루고 있는 참나무 수종중 신갈나무와 굴참나무 생태계내 지상부와 토양의 탄소고정량을 조사하여 산림생태계내 탄소순환 동태의 이해를 돕기 위해 실시하였다.

材料 및 方法

1. 조사지 개황

본 연구는 동경 128° 03' 21"~128° 05' 57"와 북위 37° 02' 26"~37° 04' 52" 사이의 충청북도 충주시 산척면 상산리에 위치하고 있는 신갈나무와 굴참나무 천연림을 대상으로 실시되었다. 본 조사지의 기상조건은 연 평균기온 11.4℃, 최고 평균기온 17.7℃, 최저평균기온 6.3℃이며 연평균 강수량은 1261mm로 연중 6-8월에 집중하고 있다.

본 연구의 참나무 천연림은 해발고 300-660m에 분포하며, 신갈나무림은 북동-북서사면에, 굴참나무림은 남동-남서사면에 주로 분포하고 있었다. 임령은 신갈나무림이 22-49년, 굴참나무림이 20-63년으로 평균임령이 각각 39, 40년이었다. 신갈나무림과 굴참나무림의 흉고직경은 6cm에서 34cm에 걸쳐서 분포하며, 평균수고는 각각 14.1m, 13.5m였다. 임목본수는 ha당 신갈나무림이 907본, 굴참나무림이 835본으로 조사되었다(Table 1, 2). 본 연구의 소나무림은 해발고 400-500m 그리고 동쪽사면에 주로 분포하고, 흉고직경이 6cm에서 40cm에 걸쳐서 분포하며, 임목본수는 ha당 약 900본으로 조사되었다.

Table 1. General description of *Quercus mongolica* natural stand.

DBH	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6	1	27	6.9	69
8	1	22	6.5	119
10	1	34	10.8	125
12				44
14	1	33	11.0	131
16				106
18	1	40	17.5	81
20				69
22	1	46	18.0	50
24				31
26	1	48	17.2	13
28	1	44	16.5	25
30	1	47	18.5	25
32				6
34	1	49	17.6	13
Total	10			907
Average		39	14.1	

Table 2. General description of *Quercus variabilis* natural stand.

DBH	No. of sample tree(m)	Age of sample tree	Height of sample tree(m)	No. of trees/ha
6	1	20	6.4	75
8	1	30	8.1	80
10	1	38	9.4	125
12				45
14	1	37	12.0	65
16				80
18	1	35	11.6	65
20				45
22	1	38	14.8	60
24				50
26	1	40	18.5	45
28	1	45	17.8	35
30	1	52	18.5	30
32				30
34	1	63	17.6	5
Total	10			835
Average		40	13.5	

임지내 하층식생은 굴참나무림에서는 신갈나무, 물푸레나무, 쇠물푸레나무, 산초나무, 당단풍, 산딸나무등이 분포하였으며, 신갈나무림에서는 당단풍, 싸리, 생강나무, 쪽동백, 국수나무 등이 서식하였다.

2. 표본채취 및 분석방법

1997년 9-11월에 현지조사 및 토양 시료채취가 이루어졌으며, 1998년 6월에 지상부에 대한 시료채취를 실시하였다. 지상부 탄소량의 조사를 위해 20m×20m의 조사구를 설치하여 매목조사를 실시한 후 조사된 흉고직경 범위내에서 정상적 형태를 갖는 신갈나무와 굴참나무 각 10개의 표본목을 선정하였다. 선정된 20본의 입목은 지상부 20cm위치에서 벌도하였으며 수간부는 2m간격으로 절통하고 저울을 사용하여 각 통나무의 생중량을 측정하였다. 건중량 추정을 위하여 각 통나무에서 두께 약 10cm정도 원판 표본을 분리, 칭량한 후 실험실로 운반하였다. 수령은 벌도목 근주부의 나이테를 조사 추정하였다. 수간부에 붙어있는 모든 가지를 잘라 그 생중량을 칭량하고 그 중에서 일부 가지를 표본으로 선정하여 생중량을 측정한 후 건중량 추정을 위해 실험실로 운반하였다. 잎, 소지, 그리고 죽은가지들

도 분리, 포장하여 현장에서 칭량후 표본시료를 실험실로 운반하여 Dry oven에서 75-80℃로 향량에 도달될 때까지 건조시켰다. 지상부 탄소함량은 건중량의 50%로 계산하였다(Satoo 등, 1982; Richter 등, 1995; 송철영 등, 1997).

탄소의 순생산량을 추정하기 위해 수간목부의 순생산량은 최근 5년간 재적성장량을 Smalian공식을 사용하여 구하고 이를 다시 5로 나누어 1년간 평균재적성장량을 구한 다음 전체재적에 대한 비율을 이용하여 건중량을 계산하였다. 수피부에 대한 순생산량은 수간목부의 연간 성장율을 적용 산정하였다. 잎은 채취된 것을 사용하였으며, 생지부는 단목별로 채취된 5개의 가지밑둥(branch trunk)에서 가지연령을 측정한 후 Whittaker공식(Whittaker와 Marks, 1975)을 이용하여 얻은 값에 소지(current twig)의 양을 합하여 추정하였다.

(Whittaker formula)

$$W=Bw/A$$

W : 생지의 1년간 성장량

w : 가지의 목질부와 수피의 건중량(kg)

A : 가지연령(branch age)

B : 가지연령에 대한 가지 건중량의 대수 회귀 방정식에서 얻은 상수(slope constant)

신갈나무와 굴참나무 각 10주의 표본목에서 부위별로 분리 측정된 탄소의 건중량에 공식 $Wt = aD^b$ (Wt : 건중량(kg), D : DBH(cm), a : 상수, b : 지수)와 같은 모형의 회귀식을 이용하여 탄소 고정량과 순생산량 방정식을 유도하였다. 유도된 공식에 매목조사에서 얻어진 Table 1과 2의 직경급별 입목본수를 대입하여 두 수종의 탄소고정량과 순생산량을 추정하였다.

토양시료는 신갈나무림, 굴참나무림, 그리고 소나무림에서 가장 대표적인 입지를 선정하여 0-10cm, 10-30cm, 그리고 30-50cm의 토양깊이에서 채취하였으며, 분석된 조사지 임분의 토양조건은 Table 3과 같다. 토양중 탄소함량(content)을 평가하기 위해 가비중(Bulk density)과 Coarse fraction(>2mm)을 분석하였으며 채취된 토양을 자연 건조한 후 토양중 탄소함량은 Walkely-Black wet oxidation법으로 분석하였다. 조사지 토양의 pH는 1 : 5로 분석하였고, 총질소함량은 macro-Kjeldahl법으로, 치환성 K, Ca, Mg, Na 은 ICP를 이용하여 분석하였으며, CEC는 am-

Table 3. Soil characteristics of *Quercus mongolica*, *Quercus variabilis* and *Pinus densiflora* natural stands.

Component	Depth	N (%)	C (%)	K (me/100g)	Ca (me/100g)	Mg (me/100g)	Na (me/100g)	CEC (me/100g)	pH
<i>Quercus Mongolica</i>	0-10cm	0.31	5.00	0.28	1.79	0.53	0.08	21.9	4.98
	10-30cm	0.24	3.16	0.13	0.86	0.16	0.07	17.7	5.09
	30-50cm	0.14	1.23	0.14	0.27	0.29	0.09	12.3	5.07
<i>Quercus Variabilis</i>	0-10cm	0.29	4.84	0.32	2.16	0.47	0.07	18.4	5.03
	10-30cm	0.17	2.05	0.19	0.82	0.32	0.05	13.3	4.98
	30-50cm	0.11	1.24	0.24	1.27	0.58	0.11	11.7	5.16
<i>Pinus densiflora</i>	0-10cm	0.23	3.92	0.25	2.14	0.13	0.05	15.0	5.15
	10-30cm	0.13	2.02	0.13	0.65	0.07	0.07	9.6	4.99
	30-50cm	0.08	1.11	0.13	0.65	0.05	0.06	7.7	4.99

monium saturate법으로 분석하였다. 조사지 토양의 탄소함량에 대한 통계분석을 위해 SAS system을 이용하였으며, 5% 유의수준에서 Tukey HSD test로 평균간 비교를 하였다.

結果 및 考察

1. 지상부 탄소고정량 추정방정식

본 연구에서 지상부 탄소고정량 및 순생산량 추정식으로는 표본목의 흉고직경(D)을 독립변수로 하고 각 부위별 건중량 및 순생산량을 종속변수(Wt)로 하는 상대성장식, $\log Wt = A + B \log D$ 를 적용하여 임분별로 유도하였다. 현존량은 독립변수를 흉고직경 외에 수고(H)를 포함시켜 공식 $Wt = aD^b H^c$ 을 사용하여 유도할 수도 있으나, 매목조사시 정확한 측정이 어렵기 때문에 흉고직경 만에 의한 상대성장식보다 추정오차가 클 수도 있으며(Whittaker와 Marks, 1975; 박인협과 이석면, 1990), 박인협과 김준선(1989)은 소나무 천연림의 현존량 추정식에 관한 연구에서 동일임분의 경우 흉고직경과 수고를 독립변수로 하는 상대성장식이 흉고직경만을 독립변수로 하는 상대성장식에 비하여 적합도가 다소 높았으나 큰 차이를 보이지 않았다고 하였다. 이에 본 연구에서는 상대성장식 $\log Wt = A + B \log D$ 를 사용하였다.

2. 지상부 탄소고정량

본 연구에서 대수회귀식의 결정계수(R^2)의 값은 지상부 총 탄소량의 경우 신갈나무림과 굴참나무림 모두 0.98이상으로 상관관계가 높았으며 지상부 총량의 63%이상을 차지하는 수간목부도

두 수종 모두 0.98로서 높은 상관관계를 나타냈다(Table 4, 5). 신갈나무림과 굴참나무림에서 죽은가지의 결정계수 0.85와 0.87을 제외하고 생지, 수피 및 잎에서 모두 0.90이상의 상관계수를 나타냈다.

Table 4. Organic carbon estimation equation of individual tree biomass of *Quercus mongolica*. Equation form: $Wt = aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination (R^2)
Foliage	0.265	2.553	0.93
Live Branch	0.505	2.804	0.90
Dead branch	-1.572	3.345	0.85
Bolebark	1.041	2.209	0.99
Bolewood	1.433	2.506	0.98
Total aboveground	1.632	2.505	0.98

Table 5. Organic carbon estimation equation of individual tree biomass of *Quercus variabilis*. Equation form: $Wt = aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination (R^2)
Foliage	0.018	2.573	0.93
Live branch	0.807	2.544	0.95
Dead branch	-0.958	2.880	0.87
Bolebark	0.868	2.476	0.98
Bolewood	1.152	2.707	0.99
Total aboveground	1.443	2.645	0.99

지상부 총 탄소고정량은 평균수령 39년생 신갈나무림에서 48.85tonC/ha와 평균수령 40년생 굴참나무림에서 57.49tonC/ha으로 신갈나무림보다 굴참나무림에서 높은 탄소축적량을 보였다(Table 6). 본 연구의 신갈나무림에서 48.85tonC/ha은 이수옥과 박관화(1986)의 강원도 홍천의 평균수령 36년생 신갈나무림 41.7tonC/ha(건중량의 50%를 탄소함량으로 계산)보다 높게 나타났으며, 최영철과 박인협(1994)의 전남지역 36년생 신갈나무림 59.4tonC/ha보다 약 10tonC/ha정도 적게 나타났다. 본 연구와 근접한 지역에서 조사된 평균수령 67년의 신갈나무림의 탄소축적량 60.5tonC/ha(송칠영 등, 1997)보다는 적은 값을 보였다.

본 연구의 굴참나무림에서 57.49tonC/ha은 최영철과 박인협(1994)의 전남지역의 평균 26-29년생 굴참나무림 79.5tonC/ha 보다는 낮은 값을 보이고 있으며, 본 연구와 근접한 지역에서 조사된 평균수령 62년생 굴참나무림의 탄소축적량 62.22tonC/ha(송칠영 등, 1997)보다 낮은 값을 보였다. Ovington(1955)에 의하면 44년생의 *Quercus*가 영국에서 46.2tonC/ha이었다고 보고하였는데 본 연구의 두 수종들보다 적은 값을 보이고 있으며, Ovington(1962)에 의한 소련에서 *Quercus*속 42년생 84.9tonC/ha보다는 낮은 값을 보이고 있다. 본 연구의 두 수종 모두 온대지방 참나무속의 평균치(Ovington, 1965)인 87.3tonC/ha보다 낮은 값을 보이고 있다.

신갈나무림과 굴참나무림의 지상부 총 탄소고정량중 대부분을 차지하는 부위는 수간목부로서, 각각 30.98tonC/ha 그리고 35.86tonC/ha으로 총량중 64.5%, 63.2%를 차지하였는데(Table 5), 박인협과 문광선(1994)이 보고한 신갈나무림 60.0%, 굴참나무림 60.0%, 그리고 송칠영과 이수옥(1996)이 보고한 신갈나무림 58.0%. 굴참나무림

61.0%와 유사하였다. 생지부는 9.12tonC/ha(19.0%)와 9.53tonC/ha(16.1%)으로 박인협과 문광선(1994), 송칠영과 이수옥(1996)이 보고한 비율보다 다소 낮게 나타났다. 수피는 5.12tonC/ha(10.6%)와 9.02tonC/ha(15.8%)이었고, 죽은가지는 0.41tonC/ha(0.9%)와 0.48tonC/ha(0.9%)로 나타났다. 잎은 2.43tonC/ha(5.0%)와 1.72tonC/ha(3.0%)로 우리나라 활엽수의 경우 1.0-12.0tonC/ha의 범위에 있으며, 최고빈도는 2.0-4.0tonC/ha인 것으로 알려져 있는데, 본 연구대상 임분의 경우도 이와 비슷하였다. 잎을 제외한 모든 부위에서 신갈나무림분보다 굴참나무림분에서 높은 탄소축적량을 보였는데 이 결과는 굴참나무에서 흉고직경이 큰 나무의 비율이 신갈나무림보다 굴참나무림에서 높았기 때문으로 사료된다.

3. 탄소의 순생산량

임목의 부위별 연간 탄소생산량을 측정할 값에 공식 $Wt=aD^b$ (Wt : 건중량, D : DBH, a : 상수, b : 지수)를 이용하여 구한 결과는 Table 7, 8과 같다. 신갈나무림과 굴참나무림의 탄소 순생산량의 결정계수는 신갈나무 생지부의 0.88을 제외하고 두 수종 모두에서 0.90이상의 값을 보였다. 본 연구결과와 비슷하게 이수옥과 박관화(1986)의 선행연구에서 신갈나무 NPP의 결정계수가 생지부에서 0.81로 나타났는데 이러한 현상은 다년간의 축적량에 비하여 짧은기간 생산량(NPP)에 변이 폭이 크기 때문으로 사료된다(이수옥과 박관화, 1986).

본 연구의 신갈나무림과 굴참나무림의 탄소 NPP를 구한 결과는 Table 9와 같다. 신갈나무림과 굴참나무림의 총 NPP는 5.88tonC/ha 그리고 5.12tonC/ha으로 총 탄소 Biomass의 약 12

Table 6. Aboveground carbon content(tonC/ha) of *Quercus mongolica* and *Quercus variabilis* natural stands.

Tree component	<i>Quercus mongolica</i>	%	<i>Quercus variabilis</i>	%
Foliage	2.43	5.0	1.72	3.0
Live branch	9.12	19.0	9.12	16.1
Dead branch	0.41	0.9	0.48	0.9
Stemwood	30.98	64.5	35.86	63.2
Stembark	5.12	10.6	9.02	15.8
Total aboveground	48.85	100.0	57.49	100.0

Table 7. Organic carbon estimation equation of individual tree NPP of *Quercus mongolica*. Equation form: $Wt=aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination (R^2)
Foliage	0.265	2.553	0.93
Live branch	0.120	2.562	0.88
Bolebark	0.476	1.606	0.94
Bolewood	0.875	1.895	0.91
Total aboveground	0.921	2.347	0.93

Table 8. Organic carbon estimation equation of individual tree NPP of *Quercus variabilis*. Equation form: $Wt=aD^b$, where Wt is weight in kg and D is DBH in cm.

Tree component	a	b	Coefficient of determination (R^2)
Foliage	0.018	2.573	0.93
Live branch	0.306	2.219	0.96
Bolebark	0.041	2.127	0.98
Bolewood	0.356	2.318	0.98
Total aboveground	0.760	2.375	0.98

%와 9%에 해당하였다. 신갈나무림에서의 NPP가 굴참나무보다 높은 NPP의 양을 보였으며, 이 결과는 충청북도 충주지역에서 선행된 송철영 등(1997)의 결과와 같으며, 이는 조사 수종의 임분구조가 이령림으로서 생장율이 큰 소경목의 비율이 굴참나무림보다 신갈나무림이 높았기 때문으로 판단된다.

본 연구에서 신갈나무림의 총 탄소 NPP는 이수옥과 박관화(1986)가 보고한 강원도 홍천의 신갈나무림 6.4tonC/ha 보다는 적게 나타났으며, 충주지역 신갈나무림의 4.78tonC/ha 그리고 굴

참나무의 4.28tonC/ha 보다는 많은 것으로 나타났다. 임업연구원 자료(주린원, 1995)에 의하면 우리나라 참나무 임분의 탄소 고정능력은 4.62 tonC/ha/yr로 본 연구에서 약간 높게 나타났다.

NPP의 부위별 구성비는 신갈나무 임분의 경우는, 잎이 42%로 가장 높았으며, 다음이 생지부로 31%, 수간목부가 23%, 그리고 수피가 4%로 가장 낮았다. 굴참나무림의 경우 신갈나무림의 경우처럼 잎에서 35%로 가장 높았으며, 다음이 수간목부로 34%, 생가지 22%, 그리고 수피가 9%로 가장 낮게 나타났다. 본 연구의 NPP의 부위별 구성비에 대한 결과는 송철영 등(1997) 그리고 최영철과 박인협(1986)의 굴참나무림의 부위별 구성비에 대한 보고와 같았다.

4. 토양중 탄소함량

본 연구에서 토양중 탄소함량(concentration)은 0-10cm의 토양깊이에서 가장 높은 값을 보이고 있으며 토양의 깊이가 증가할수록 감소하였다(Table 3). 일반적으로 토양내 탄소함량은 표토층에서 가장 높으며 깊이가 증가함에 따라 감소하는 것으로 알려져 있으며, 탄소함량이 표토층에서 가장 높게 나타나는 것은 지상부로부터 litterfall과 이 깊이에 fineroot가 집중적으로 분포되어 유기물 공급이 많기 때문이다(Armson, 1977).

임분별 토양내 탄소함량(content)은 신갈나무군락과 굴참나무군락이 0-50cm의 깊이에서 비슷한 값인 67.0tonC/ha와 67.8tonC/ha를 보이고 있으며 소나무군락의 54.7tonC/ha보다 높은 값을 보이고 있지만, 통계적 유의성은 없는 것으로 나타났다(Table 10). 수종차이에 의한 토양중 탄소함량의 차이에 대한 연구에 따르면 그 결과는 다양한데, Turner와 Kelly(1985)는 *Radiata pine*과 *Eucalyptus*의 비교에서 두 조사지역중 한 지역

Table 9. Net primary production of carbon (tonC/ha) in *Quercus mongolica* and *Quercus variabilis* natural stands.

Tree component	<i>Quercus mongolica</i>	%	<i>Quercus variabilis</i>	%
Foliage	2.43	42	1.72	35
Live branch	1.79	31	1.11	22
Stemwood	1.29	23	1.69	34
Stembark	0.23	4	0.45	9
Total aboveground	5.88	100.0	5.12	100.0

Table 10. Soil carbon contents of *Quercus mongolica*, *Quercus variabilis* and *Pinus densiflora* natural stands.

Tree Component	<i>Quercus mongolica</i>	<i>Quercus variabilis</i>	<i>Pinus densiflora</i>
Mineral soil (0-50cm)	67.0 ± 25.3	67.8 ± 16.8	54.7 ± 10.4
0-10cm	27.8 ± 6.9	29.8 ± 10.6	23.7 ± 6.8
10-30cm	29.1 ± 13.6	24.3 ± 8.6	20.2 ± 6.8
30-50cm	10.2 ± 5.5	13.8 ± 3.3	10.9 ± 4.5

* No statistical difference in soil carbon content among the three forests in each soil depth found.

에서는 두 수종간의 토양중 탄소함량은 차이가 있었으나 다른 조사지역에서는 차이가 없었다고 보고하고 있으며, Alban(1982)은 4개 수종간의 토양중 탄소함량 비교에서 Aspen이 다른 3개 수종들 보다 토양중 탄소함량이 적었다고 보고하였다. 본 연구에서 소나무군락에 비해 참나무류 임분에서 평균 탄소함량이 10tonC/ha이상 높은 것은 침엽수에 비해 활엽수임분에서 C/N비가 낮아서 유기물의 분해속도가 빨라 임상으로부터 토양내 유기물 이동과 축적량이 높기 때문으로 사료된다(정진현 등, 1998).

본 연구에서 참나무류 임분에서 토양내 탄소함량이 0-50cm에서 67.0tonC/ha와 67.8tonC/ha를 보인 반면 정진현 등(1998)의 전국 평균 참나무류 임분에서 토양중 탄소축적은 95tonC/ha으로 본 연구에서 보다 높게 나타났으며, 소나무지역도 65tonC/ha으로 본 연구의 54.7tonC/ha 보다 높게 나타났는데, 이는 두 연구 대상지간의 지역 차이 때문으로 사료된다.

引用文獻

1. 박인협·김준선. 1989. 한국산 4개 지역형 소나무천연림의 물질현존량 추정식에 관한 연구. 한국임학회지 78(3) : 323-330.
2. 박인협·문광선. 1994. 주요 참나무류 천연림의 물질생산 및 현존량추정식에 관한 연구. 1994. 한국임학회지 83(2) : 246-253.
3. 박인협·이석면. 1990. 한국산 4개 지역형 소나무 천연림의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 79(2) : 196-204.
4. 송철영·이수옥. 1996. 신갈나무와 굴참나무의 천연림 생태계의 현존량 및 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 85(3) : 443-452.
5. 송철영·장관순·박관수·이승우. 1997. 신

- 갈나무와 굴참나무 천연림의 탄소고정량 분석. 한국임학회지 86(1) : 35-45.
6. 정진현·김춘식·이원규. 1998. 지역별, 임분별 산림토양내 탄소량 추정. 산림과학논문집 57 : 178-183.
7. 주린원. 1995. 속성수 조림을 확대하자. 산림. 임업협동조합중앙회. 160pp.
8. 이수옥·박관화. 1986. 한국의 소나무 및 참나무 천연림 생태계의 Biomass 및 유기 Energy 생산에 관한 연구. 임산에너지학회 6(1) : 46-58.
9. 최영철·박인협. 1993. 전남 모후산지역 굴참나무 천연림과 현사시나무 인공림의 물질생산에 관한 연구. 한국임학회지 82(2) : 188-194.
10. Alban, D.H. 1982. Effects of nutrient accumulation by aspen, spruce, and pine on soil properties. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46 : 853-861.
11. Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler and J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. Science. 263 : 185-190.
12. Kurz, W.A., M.J. Apps, T.M. Webb and P.J. McNamee. 1992. The carbon budget of the Canadian Forest Sector : Phase I. Inf. Rep. NOR-X-326, Forestry Canada, Edmonton, Alberta. 56pp.
13. Ovington, J.D. 1957. Dry matter production by *Pinus sylvestris*. Ann. Bot. 4 : 5-58.
14. Ovington, J.D. 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. Adv. Ecol. Res. 1 : 103-192.
15. Ovington, J.D. 1965. Organic production,

- turnover and mineral cycling in woodlands. *Biol. Rev.* 40 : 295-336.
16. Richter, D.D., D. Markewitz, C.G. Wells, H.L. Allen, J.K. Dunscombe, K. Harrison, P.R. Heine, A. Stuanes, B. Urrego, and G. Bonani. 1995. Carbon cycling in a Loblolly Pine Forest : Implications for the Missing Carbon Sink and for the Concept of Soil. p. 233-251. In W. McFee and J.M. Kelly (ed.) *Carbon Forms and Functions in Forest Soils*. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Madison, Wisconsin USA.
 17. Satoo, T. 1969. Primary productions of coniferous forests in Japan, Productivity of forest ecosystems. *Proc. Brussels Symp.(ecology and conservation, 4.)*. 191-205.
 18. Satoo, T. and H.A.I Madgwick. 1982. *Forest Biomass*. Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publisher, The Hague. 152pp.
 19. Sedjo, R.A. 1989. Forests : a tool to moderate global warming? *Environment* 31(1) : 15-21.
 20. Tans, P.P., I.Y. Fung and T. Takahashi. 1990. Observational constraints on the global atmospheric CO₂ budget. *Science*. 247 : 1431-1438.
 21. Turner, J. and J. Kelly. 1985. Effects of radiata pine on soil chemical characteristics. *For. Ecol. Managem.* 11 : 257-270.
 22. Vitousek, P.M. 1991. Can planted forests counteract increasing atmospheric carbon dioxide? *J. Environ. Qual.* 20 : 348-354.
 23. Waring, R.H. and Schlesinger, W.H. 1985. *Forest Ecosystems; Concepts and Management*. Academic Press, N.Y. 340pp.
 24. Whittaker, R.H. and P.L. Marks. 1975. Methods of assessing terrestrial productivity in primary productivity of the Biosphere. Edited by H. Leith and R. H. Whittaker. Springer Verlag. N.Y. 55-118.
 25. Winjum, J. K., R. K. Dixon and P. E. Schroeder. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air, and Soil Pollut.* 64 : 213-227.