

京畿道 光陵 리기다소나무林分の 地上部 炭素貯藏量 變化¹

金椿埴^{2*} · 鄭鎮炫³

Change of Aboveground Carbon Storage in a *Pinus rigida* Stand in Gwangnung, Gyunggi-do, Korea¹

Choonsig Kim^{2*} and Jin-Hyun Jeong³

요 약

경기도 광릉 중부임업시험장내 임목밀도와 지위가 다른 31년생 리기다소나무임분을 대상으로 3개의 20×10m 조사구를 선정하고 5년 동안(1997~2001) 각 부위별 탄소량 및 탄소 년 증가량을 조사하였다. 각 부위별 탄소함량은 잎>가지>수피>줄기>임상>토양 0~15cm>토양 15~30cm 순 이었으며 탄소저장량 및 년 증가량은 임목밀도와 지위에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다. 유사한 임목밀도의 경우 지위가 높은 지역이 탄소저장량과 증가량이 높았으며 유사한 지위의 경우 임목밀도에 의해 탄소저장량 및 년 증가량이 차이를 보이고 있다. 조사된 임분의 임목뿌리를 제외한 리기다소나무임분의 총탄소 저장량은 140,600kgC/ha으로 임목 61%, 토양 31%, 임상 8%로 나타났다. 고사목이 많이 발생하였던 2001년도를 제외한 년 평균 탄소 증가량은 3,233kgC/ha/yr로 줄기>가지>수피>잎 순이었다. 31년생 리기다소나무임분의 탄소저장량 및 년 증가량 변화를 조사한 결과 유사한 지위에서는 임목밀도가 높은 것이 지위에 차이가 날때는 임목밀도 조절에 의한 생장량 증가가 탄소흡수능력을 증진 할 수 있을 가능성을 시사한다.

ABSTRACT

Aboveground carbon storage and increment of a 31-year-old pitch pine (*Pinus rigida*) stand were measured for five years (1997~2001) in the Jungbu Forest Experiment Station, Gyeonggi-do, Korea. The carbon concentration in each component of aboveground and soil depth decreased in the order of needle>branch>stembark>stemwood>forest floor>0-15cm soil depth>15-30cm soil depth. The carbon storage except for root carbon was 140,600kgC/ha and the tree accounted for 61%, soil 31% and forest floor 8% of the stand carbon storage. Due to high tree mortality by *Fusarium subglutinans* infection and spring drought in 2001, carbon increment except for 2001 data was 3,233kgC/ha/yr and was in the order of stemwood>branch>stembark>needle. Carbon storage and increment were attributed to stand density and site quality. Carbon storage and increment were higher in the high site quality than in the lower site quality plot on similar tree density. Also, the high tree density site on similar site quality showed more carbon storage and increment compared with the lower tree density. The results suggest that site quality and tree density are a key factor determining carbon storage and increment in this pitch pine stand.

Key words : annual uptake of carbon, carbon stocks, *Pinus rigida*, site quality, tree density

¹ 接受 2001年 10月 24日 Received on October 24, 2001.

審査完了 2001年 11月 6日 Accepted on November 6, 2001.

² 진주산업대학교 산림자원학과 Dept. of Forest Resource, Chinju National University, Chinju 660-758, Korea.

³ 林業研究院 Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

* 연락처자 E-mail : ckim@chinju.ac.kr

서 론

최근 대기내 이산화탄소함량의 증가는 지구온난화의 관점에서 상당한 주목을 받고 있으며 이산화탄소의 흡수·저장 능력을 가진 산림내 탄소저장량에 대한 관심이 증가하고있다(Vitousek, 1991; Alban and Perala, 1992; Laitat 등, 2000; Watson 등, 2000). 특히 2001년 7월에 개최된 기후변화당사국 제6차 총회 속개회의에서는 경영림(management forest)에 대한 탄소권(carbon credit)을 인정함으로써 조림지(artificial forest) 같은 경영림의 탄소저장 능력의 파악은 잠재적인 탄소권 획득을 위한 기초단계로서 그 중요성이 부각될 예정이다(Earth Negotiation Bulletin, 2001). 이러한 중요성에 비추어 외국의 경우 국가 전체의 탄소저장 능력의 조사나(Birdsey, 1992; Schroeder and Winjum, 1995; Alexeyev and Birdsey, 1998) 이산화탄소 저감을 위한 도시림 관리 요령 등(McPherson and Simpson, 1999) 다양한 연구가 시행되고 있으나 국내의 경우 이러한 연구가 매우 미흡한 실정이다. 국내의 탄소저장분야 연구로서 신갈나무나 굴참나무임분의 지상부 및 지하부의 탄소 고정 능력(박관수, 1999)에 대한 연구가 일부 실시된 바 있으나 경영림이 아닌 천연림(natural forest)에 국한되어 있는 실정이며 아직까지 그 자료가 매우 빈약한 실정이다.

주로 유기물로 존재하는 산림생태계내 유기탄소는 지구탄소순환에 크게 기여할 뿐만 아니라 토양 유기물로 존재하는 토양유기탄소는 토양이화학적 특성과도 밀접한 관련을 가지기 때문에 유기탄소량의 결정은 산림생산력과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Alban and Perala, 1992). 본 연구는 우리나라의 주요 조림수종의 하나였던(산림청, 2000) 리기다소나무임분내 탄소량 평가를 위하여 경기도 광릉에 위치한 밀도와 지위가 다른 31년생 성숙한 리기다소나무임분을 대상으로 5년 동안(1997~2001) 조림지의 탄소저장량과 년 탄소증가량 변화 조사를 목적으로 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구는 경기도 포천군 소흘면 광릉에 위치한 중부임업시험장의 리기다소나무조림지를 대상으로 실시하였다. 이 지역의 년 평균강수량은 1,365mm로서 우리나라 년평균 강수량 1,274mm보다는 높

게 나타나고 있으며 년 평균온도는 11℃로 우리나라 산림대중 온대중부림에 속하고 있다. 조사지는 화강편마암을 모재로 생성된 갈색약전산림토양형(B₂)이 분포하고 있으며 조림지내 식생은 서어나무(*Carpinus laxiflora*)가 우점하고 졸참나무(*Quercus serrata*), 상수리나무(*Q. acutissima*), 산딸나무(*Cornus kousa*) 등도 중층 및 하층식생으로 출현하고 있다.

1997년 조사지로 선정된 31년생 리기다소나무조림지를 대상으로 밀도와 지위가 다른 3개의 20×10m 조사구를 설치하였으며 조사구의 평균흉고직경은 15.3cm, 흉고단면적합은 41.1 m²/ha로 조사되었다. 임목밀도는 조사구 1이 54본/200m², 조사구 2는 34본/200m², 조사구 3은 35본/200m²으로 조사구 1이 조사구 2, 3에 비해 임목밀도가 높았으며 지위지수의 경우 조사구 1은 8.8, 조사구 2는 7.8, 조사구 3은 10.2로서 조사구 3이 조사구 1, 2에 비해 지위가 높은 것으로 나타났다. 각 조사구는 1997년 10월 20일부터 22일 사이에 매목조사를 실시한 후 각 조사구를 대표할 수 있는 대표목을 선정하고 지상부 20~30cm 부위에서 벌채를 실시하였으며 벌채된 임목은 가지, 잎, 줄기 등의 생중량을 측정하고 생중량 시료의 일부는 실험실로 운반하여 105℃에서 건조한 후 무게를 측정하였다. 건조된 표본목의 건중량과 경기도 양평에서 개발된 리기다소나무 바이오메스 추정식에 의한(Kim 등, 1995) 추정 건중량과 유의적인 차이가 없었기 때문에(Kim 등, 1999) 본 조사구임분의 임목에 대한 건중량 추정은 경기도 양평에서 개발된 바이오메스 추정식을 이용하여 추정하였으며 임목건중량의 50%를 유기탄소량으로 환산하였다(McPherson and Simpson, 1999). 임상(forest floor)의 경우 200cm² 수집면적을 가지는 스테인레스 강철원통을 이용하여 1999년 4월에 조사구당 4개씩 총 12개의 임상시료를 채취하고 105℃ 로 건조시킨 후 임분내 임상의 양을 추정하였다. 토양 시료는 일반적으로 토양내 유기물량이 계절적인 변화를 보이므로(김춘식, 1998), 1999년 4월 14, 8월 6일, 10월 5일 3차례에 걸쳐 직경 5cm, 깊이 15cm 토양채취기를 이용하여 0~15cm와 15~30cm 부위로부터 각 조사구 및 깊이당 3점씩 총 54점에 대한 토양시료를 채취하였다. 식물체, 임상, 토양내 유기탄소량은 550℃의 회화로서 3시간 연소한 후 손실된 무게의 50%를 유기탄소함량으로 환산하고 식물체나 임상의 건중량을 이용하여 탄소저장량을 추정하였다(Alban and Perala, 1992). 토양내 유

기탄소량은 토양용적밀도와 석력함량을 고려하여 탄소저장량을 계산하였다. 또한 지상부 탄소증가량은 97년 이후 98년 9월 17일, 99년 10월 14일, 2000년 11월 12일, 2001년 10월 5일 까지 5년동안 매년 흉고직경생장량을 측정하여 년 지상부 탄소증가량 변화를 조사하였으며 고사목의 경우 이들이 궁극적으로 임의로 반출되거나 토양내 유기물로 환원되기 때문에 지상부 탄소량 환산시 제외하였다. 임상이나 토양내 탄소저장량증가는 5년이라는 짧은 기간동안은 큰 변화가 없을 것으로 판단되어 측정하지 않았다(Watson 등, 2000).

결과 및 고찰

조사구의 토양이화학적 성질중 토성은 3조사구의 두 깊이 모두 양토로서 모래나 미사 함량이 70% 이상 비교적 높게 나타나고 있으며 임목의 생육에 비교적 적합한 토성을 가지고 있는 것으로 판단되었다(Table 1). 토양 pH는 4.5에서 5.1의 강산성 토양이며 유기물 함량은 조사구 모두 4.4%이상으로 화강편마암이나 편암모재 산림토양의 유기물 함량 3.0%보다 높게 나타났다(이수옥, 1981). 또한 유효인산의 경우도 35ppm이상으로 화강편마암이나 편암모재 산림토양의 유효인산함량 42ppm에 비해 유사하거나 높게 나타나고 있다. 전질소, 유효인산, 양이온치환용량 등 조사구의 토양특성을 고려할 때 조사구 3이 조사구 1, 2에 비해 토양비옥도가 높은 것으로 나타났다(Table 1).

1997년에 조사된 각조사구의 임목밀도는 조사구 1, 54본/200m² 조사구 2, 34본/200m² 조사구 3, 35본/200m²이 분포하고 있으나 2001년에는 조사구 1, 43본/200m² 조사구 2, 23본/200m² 조사구 3, 24본/200m²으로 임목본수에 상당한 변화를 보이고 있다(Table 2, Figure 1). 이와 같은 임목밀

도의 감소는 2000년 겨울부터 2001년 사이에 주로 발생하였으며 2001년 임목생장기인 3~5월 사이에 이 지역의 강수량은 28.1~46.9mm로서 예년의 246.1mm의 12~19%에 불과하여 임목에 대한 건조 피해가 심하였고 또한 이 지역에 유입된 리기다소나무의 푸사리움(*Fusarium subglutinans*) 가지마름병은 임목고사율의 상승에 상가적으로 작용하였을 것으로 사료된다(이승규, Personal communication). 5년동안의 직경생장을 고려하더라도 고사된 임목은 경급이 큰 임목보다는 8~16cm 정도의 작은 경급의 임목에서 주로 발생하였으며(Figure 1) 주로 상층우세목에 의해 피압되어 있는 임목에서 고사가 많이 나타났다(김춘식, Personal observation).

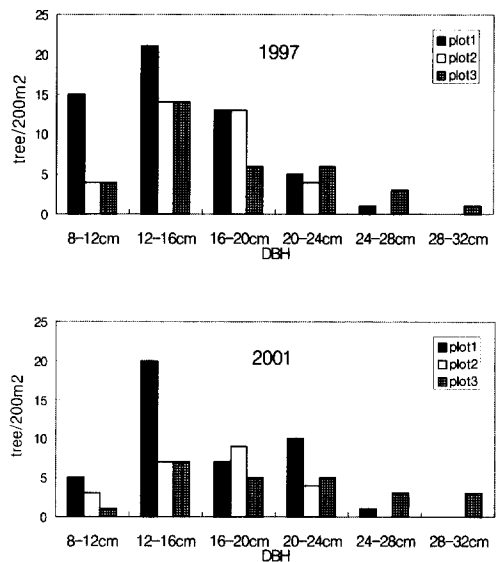


Figure 1. Distribution of DBH in the study site. Plot 1 : High tree density with low site quality; Plot 2 : Low tree density with low site quality; Plot 3 : Low tree density with high site quality.

Table 1. Soil properties in the study site.

| Depth (cm) | Plot | Sand | Silt | Clay | pH (1:5 H ₂ O) | OM (%) | TN (%) | P ₂ O ₅ (ppm) | CEC | K ⁺ Na ⁺ Ca ²⁺ Mg ²⁺ (cmolc/kg) | | | |
|------------|------|------|------|------|---------------------------|--------|--------|-------------------------------------|------|---|-----------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | | | K ⁺ | Na ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ |
| 0-10 | 1 | 45.6 | 40.8 | 13.6 | 4.5 | 4.4 | 0.17 | 37.3 | 10.1 | 0.15 | 0.21 | 0.68 | 0.10 |
| | 2 | 34.4 | 46.6 | 19 | 5.0 | 5.0 | 0.20 | 35.5 | 12.8 | 0.22 | 0.23 | 1.52 | 0.16 |
| | 3 | 35.4 | 43.6 | 21 | 4.5 | 6.3 | 0.22 | 66.2 | 14.5 | 0.14 | 0.41 | 1.06 | 0.24 |
| 10-30 | 1 | 36.4 | 36.6 | 27.0 | 4.8 | 1.1 | 0.06 | 10.7 | 9.95 | 0.14 | 0.22 | 0.46 | 0.06 |
| | 2 | 43.7 | 37.5 | 18.8 | 5.1 | 2.3 | 0.10 | 1.4 | 9.5 | 0.14 | 0.19 | 0.83 | 0.06 |
| | 3 | 41.5 | 36.7 | 21.8 | 4.8 | 2.5 | 0.10 | 23.3 | 12.1 | 0.12 | 0.22 | 0.40 | 0.05 |

조사구내 직경 6cm 이상 임목의 흉고직경급 분포는 본수가 가장 높았던 조사구 1의 경우 낮은 직경급의 분포가 높게 나타나고 조사구 2는 낮은 직경급부터 높은 직경급까지 고르게 분포하며 중간 직경급(12~20cm)이 최다 빈도를 보이고 있다. 조사구 3의 경우는 20cm 이상의 흉고직경이 큰 임목의 비율이 타조사구에 비해 높았다(Figure 1). 평균흉고직경은 조사구 3이 19.98cm로서 가장 큰 직경을 보이고 있으며 조사구 1과 조사구 2는 16.05cm와 16.78로 유사하였다. 고사목이 가장 많이 발생하였던 2001년 수집된 자료를 제외한 년 평균직경성장량의 경우 1997년부터 2000년까지 조사구 3은 0.39cm로서 조사구 1, 2의 0.29cm, 0.22cm에 비해 높게 나타났다(Table 2). 특히 조사구 3이 조사구 2와 동일한 밀도를 가지고있지만 평균흉고직경과 년직경성장량이 높게 나타나고 있으며 이는 토양특성에서 나타난 것과 같이 이 지역의 토양비옥도가 높아 지위가 높게 나타나기 때문으로 사료된다. 조사구의 흉고단면적합과 흉고단면적 증가량은 임목밀도가 가장 높은 조사구 1과 지위가 높은 조사구 3이 유사하였고 2001년 흉고단면적 감소 및 흉고단면적 증가량 감소는 고사목의 증가에 따른 흉고단면적의 감소가 원인이다(Table 2).

조사구내 임목, 임상, 토양내 평균 탄소함량중 임목부분은 488gC/kg으로(Table 3) 줄기, 가지, 수피, 잎 등이 유사하게 나타나고 있으며 일반적으로 임목의 탄소함량은 건중량의 50%를 식생의 탄소함량으로 가정하고 있는 것을 고려할 때(Alban

and Perala, 1992) 본 연구의 임목내 탄소함량과도 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 임상내 탄소함량은 446gC/kg으로 임목부위에 비해 낮게 나타나고 있으며 이는 임상부위가 토양층위와 연결하여 광물질의 유입이 쉽기 때문이다. 표토층 토양내 탄소함량은 0~15cm 깊이가 27gC/kg, 토양 15~30cm 깊이는 17gC/kg으로 나타나, 표토층이 심토층에 비해 높게 나타나고 있으며 이는 표토층의 경우 낙엽낙지나 세근분해로부터 유입되는 유기물함량이 높기 때문으로 사료된다. 본 연구결과는 우리나라 리기다소나무임분 표토층의 평균탄소함량 13.4gC/kg에 비해 높았다(정진현 등, 1998).

Table 3. Carbon concentration of each component in a *Pinus rigida* stand.

| Stem-wood | Stem-bark | Branch | Needle | Forest floor | Soil 0-15cm | Soil 15-30cm |
|-----------|-----------|--------|--------|--------------|-------------|--------------|
| (gC/kg) | | | | | | |
| 497 | 493 | 488 | 488 | 446 | 25 | 17 |

2001년에 조사된 리기다소나무임분의 지상부에 저장된 탄소량은 55,810kgC/ha~95,293kgC/ha가 분포하였으며 평균탄소량은 81,721kgC/ha로서 나타났다(Table 4). 임목밀도가 높았던 조사구 1과 지위가 높고 흉고직경성장량이 높았던 조사구 3이 유사한 탄소저장량을 보이고 있다. 그러나 임분밀도는 유사하였으나 지위가 낮았던 조사구 2는 조사구 3에 비해 낮은 탄소저장량을 보이고 있어서 동일한 임목밀도에서 탄소저장량은 지위

Table 2. Mean DBH and sum of basal area in the study site.

| Plot | Tree density in 1997 (trees/200m ²) | Site ¹ index | Mean DBH (cm/200m ²) | | | | | Sum of basal area (cm ² /200m ²) | | | | |
|------|---|-------------------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---|-------------|-------------|-------------|----------------|
| | | | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 | 97 | 98 | 99 | 2000 | 2001 |
| 1 | 54 | 8.8 | 14.24 | 14.45 (0.21) | 14.70 (0.25) | 15.10 (0.40) | 16.05 (0.95) | 9,308 | 9,607 (299) | 9,969 (362) | 9,934 (-35) | 9,153 (-781) |
| 2 | 34 | 7.8 | 14.99 | 15.17 (0.19) | 15.45 (0.28) | 15.65 (0.20) | 16.78 (1.13) | 6,251 | 6,417 (166) | 6,669 (252) | 6,857 (188) | 5,315 (-1,542) |
| 3 | 35 | 10.2 | 17.03 | 17.33 (0.29) | 17.64 (0.31) | 18.22 (0.58) | 19.98 (1.76) | 8,678 | 9,020 (342) | 9,357 (337) | 9,410 (53) | 8,433 (-977) |

Plot 1 : High tree density with low site quality; Plot 2 : Low tree density with low site quality; Plot 3 : Low tree density with high site quality

¹n=7 dominant and co-dominant trees

Parentheses value is mean diameter and basal area increment for two years, respectively.

에 따라 차이가 크게 나타날 수 있음을 시사하고 있다. 대조적으로 유사한 지위를 보였던 조사구 1과 2의 경우 탄소저장량의 차이는 임목밀도가 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

Table 4. Aboveground carbon content of each tree component in a *Pinus rigida* stand.

| Plot | Year | Stemwood | Stembark | Branch | Needle | Total |
|------|------|----------|----------|--------|--------|---------|
| | | (kgC/ha) | | | | |
| 1 | 1997 | 66,061 | 7,781 | 14,078 | 4,724 | 92,644 |
| | 1998 | 68,477 | 8,066 | 14,647 | 4,903 | 96,093 |
| | 1999 | 71,406 | 8,412 | 15,338 | 5,120 | 100,276 |
| | 2000 | 72,571 | 8,550 | 15,799 | 5,256 | 102,176 |
| | 2001 | 67,591 | 7,964 | 14,829 | 4,909 | 95,293 |
| 2 | 1997 | 44,565 | 5,251 | 9,529 | 3,191 | 62,536 |
| | 1998 | 45,909 | 5,409 | 9,845 | 3,290 | 64,453 |
| | 1999 | 47,955 | 5,650 | 10,328 | 3,442 | 67,375 |
| | 2000 | 50,249 | 5,920 | 10,955 | 3,643 | 70,767 |
| | 2001 | 39,546 | 4,660 | 8,726 | 2,878 | 55,810 |
| 3 | 1997 | 64,859 | 7,643 | 14,445 | 4,711 | 91,658 |
| | 1998 | 67,793 | 7,989 | 15,172 | 4,933 | 95,887 |
| | 1999 | 70,648 | 8,325 | 15,871 | 5,148 | 99,992 |
| | 2000 | 72,614 | 8,557 | 16,555 | 5,346 | 103,072 |
| | 2001 | 66,124 | 7,793 | 15,256 | 4,889 | 94,062 |

Plot 1 : High tree density with low site quality;
Plot 2 : Low tree density with low site quality;
Plot 3 : Low tree density with high site quality

조사 5년차인 2001년 조사된 리기다소나무조림지의 탄소저장량은 줄기가 57,753kgC/ha, 수피 6,805kgC/ha, 가지 12,937kgC/ha, 잎이 4,225kgC/ha이므로 줄기는 전체 지상부 탄소저장량의 71%, 수피 8%, 가지 16%, 잎 5% 순으로 나타나고 있다(Table 4). 충북청주 40년생 신갈나무의 경우 줄기 64.5%, 수피 10.6%, 가지 21.8%, 잎 5%와 비교할 때(박관수, 1999), 본 리기다소나무 임분의 경우와 줄기부위는 높고 가지부위에 저장량은 낙엽활엽수인 신갈나무에 비해 낮게 나타나고 있다.

고사목이 많이 발생하였던 2001년 자료를 제외한 97~2000년사이 지상부 년 탄소 증가량은 1,918 kgC/ha/yr에서 4,229kgC/ha/yr 정도였으며 년 평균3,233kgC/ha/yr이 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). 타 연구 결과와 비교할때 충북 청주 지역의 굴참나무와 신갈나무 천연임분의 순생산량은 각각 5,120kgC/ha/yr, 5,880kgC/ha/yr(박

관수, 1999), 온대침엽수림의 탄소 순생산량 4,650 kgC/ha/yr(Melillo 등, 1993)과 비교할 때 리기다소나무는 참나무류 천연임분이나 온대침엽수 임분의 평균 값에 비해 낮게 나타나고 있으나 미국 North Carolina주의 16년생의 loblolly pine의 2,056kgC/ha/yr보다는 높았다(Kinerson 등, 1977). 리기다소나무임분의 탄소 증가량의 크기는 줄기>가지>수피>잎 순으로 줄기부위에 가장 많은 양이 저장되고 있었으나 낙엽활엽수인 신갈나무의 경우 잎>가지>줄기>수피 순으로(박관수 1999) 상록침엽수와 낙엽활엽수사이에 탄소증가량의 크기는 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Aboveground carbon increment and decrement of each tree component in a *Pinus rigida* stand.

| Plot | Year | Stemwood | Stembark | Branch | Needle | Total |
|------|-------|-------------|----------|--------|--------|---------|
| | | (kgC/ha/yr) | | | | |
| 1 | 97-98 | 2,416 | 285 | 569 | 179 | 3,449 |
| | 98-99 | 2,932 | 346 | 691 | 217 | 4,186 |
| | 99-00 | 1,165 | 138 | 461 | 136 | 1,900 |
| | 00-01 | -4,980* | -586 | -970 | -347 | -6,883 |
| 2 | 97-98 | 1,344 | 158 | 316 | 100 | 1,918 |
| | 98-99 | 2,046 | 241 | 483 | 152 | 2,922 |
| | 99-00 | 2,294 | 241 | 627 | 152 | 3,314 |
| | 00-01 | -10,703 | -1,260 | -2,229 | -763 | -14,955 |
| 3 | 97-98 | 2935 | 346 | 727 | 221 | 4,229 |
| | 98-99 | 2854 | 336 | 699 | 214 | 4,103 |
| | 99-00 | 1,966 | 232 | 684 | 198 | 3,080 |
| | 00-01 | -6,489 | -764 | -1,299 | -457 | -9,009 |

Plot 1 : High tree density with low site quality;
Plot 2 : Low tree density with low site quality;
Plot 3 : Low tree density with high site quality

*Negative values indicate the decrease of stand carbon storage due to high tree mortality by *Fusarium subglutinans* infection and spring drought in 2001.

탄소 증가량은 지위가 가장 높았던 조사구 3이 유사한 임목밀도의 조사구 2나 임목밀도가 높았던 조사구 1에 비해 높은 탄소 증가량을 보이고 있다. 지위가 유사한 조사구 1과 2의 경우 임목밀도가 높았던 조사구 1이 조사구 2에 비해 높게 나타나 탄소저장량의 증가는 유사한 토양조건에서는 임목밀도와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타나고 있다. 2001년 탄소량은 고사목에 의해 전체임분의 탄소 저장량이 감소되고 있으며 지위가 가장

낮았던 조사구 2가 14,955kgC/ha/yr이 감소하여 가장 많은 양이 감소하고 있으나 임목밀도가 높았던 조사구 1은 6,883kgC/ha/yr으로 가장 적은 양이 감소하였다. 3조사구 모두 푸사리움 가지마름병이나 건조 같은 산림재해로부터 고사목이 많이 발생하여 산림재해발생은 상당량의 지상부 탄소량 감소원인이 될 수 있음을 보여주고 있다.

임목, 임상과 토양내 탄소저장량은 지상부 임목 부위가 가장 높으며 토양 0~15cm 부위, 토양 15~30cm, 임상 순으로 나타났다(Table 6). 총 탄소저장량 분포비는 임목 61%, 토양 31%, 임상 8%로서 임목부위에 가장 많은 탄소가 저장되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 조사구별 탄소량 분포비에 있어서 지위가 낮았던 조사구 2의 경우 임목에 저장된 탄소량 비율은 55%로서 지위가 높았던 조사구 3이나 임목밀도가 높았던 조사구 1의 62~65%에 비해 지상부의 저장량에 대한 비율이 낮았다.

Table 6. Distribution and storage of carbon in a *Pinus rigida* stand.

| Plot | Aboveground tree* | Forest floor | Soil | | Total |
|------|-------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| | | | 0~15cm | 15~30cm | |
| 1 | 97,296 (62%) | 10,503 (7%) | 25,982 (17%) | 21,348 (14%) | 155,129 (100%) |
| 2 | 64,188 (55%) | 12,479 (10%) | 21,835 (19%) | 18,568 (16%) | 117,070 (100%) |
| 3 | 96,934 (65%) | 9,986 (6%) | 25,513 (17%) | 17,169 (12%) | 149,602 (100%) |
| Mean | 86,139 (61%) | 10,989 (8%) | 24,443 (17%) | 19,028 (14%) | 140,600 (100%) |

*Mean of five years (1997~2001)

Plot 1 : High tree density with low site quality;

Plot 2 : Low tree density with low site quality;

Plot 3 : Low tree density with high site quality

결 론

경기도 광릉에 위치한 임목밀도와 지위가 다른 31년생 리기다소나무조림지를 대상으로 5년동안의 탄소저장량 및 증가량 변화를 조사한 결과 탄소저장량 및 증가량은 조사구 사이에 뚜렷한 차이를 보이고 있으며 유사한 임목밀도에서는 토양비옥도에 의한 지위가 영향을 미치고 유사한 지위에서는 임목밀도의 차이에 따라 저장량에 차이가 나타나고 있다. 이는 유사한 지위에서는 임목밀도가

높은 것이 지위에 차이가 날때는 임목밀도조절에 의한 저장량 증가가 탄소흡수능력을 증진 할 수 있을 가능성을 시사한다. 또한 산림병충해나 건조 같은 산림재해의 발생은 탄소저장량감소에 상당한 영향을 미치며 지위가 낮은 지역이 임목밀도나 지위가 높은 지역 비해 감소량이 크게 나타나고 있어서 토양비옥도의 향상을 위한 산지시비 등의 실시는 탄소저장량 및 증가량에 기여하고 산림재해로부터의 영향을 감소할 수 있을 가능성을 시사하고 있다.

인 용 문 헌

1. 김춘식. 1998. 경기도 광릉 상수리나무 성숙림의 질소무기화에 관한 연구. 한국임학회지. 87 : 20-26.
2. 박관수. 1999. 충주지역의 신갈나무와 굴참나무 천연림 생태계의 지상부 및 토양중의 탄소고정에 관한 연구. 한국임학회지 88 : 93-100.
3. 산림청. 2000. 임업통계연보. 522p.
4. 이수옥. 1981. 한국의 산림토양에 관한 연구(II). 한국임학회지 54 : 25-25.
5. 정진현, 김춘식, 이원규. 1998. 지역별, 임분별 산림토양내 탄소량추정. 산림과학논문집 57 : 178-183.
6. Alban, D.H. and D.A. Perala. 1992. Carbon storage in Lake States aspen ecosystems. Canadian Journal of Forest Research 22 : 1107-1110.
7. Alexeyev, V.A. and R.A. Birdsey. 1998. Carbon Storage in Forests and Peat Lands of Russia. USDA-USFS Gene. Tech. Rep. NE-244. 137p.
8. Birdsey, R.A. 1992. Carbon Storage and Accumulation in United States Forest Ecosystems. USDA-USFS Gen. Tech. Rep. WO-59
9. Earth Negotiation Bulletin. 2001. A reporting service for environment and development negotiations. COP-6 bis. <http://www.lisd.ca/climate/cop6bis/>
10. Kim, C., H.K. Won and J.H. Jeong. 1999. Aboveground biomass and nutrient accumulation in a *Pinus rigida* plantation. FRI Journal of Forest Science 62 : 1-7.
11. Kim, J.S., Y. Son and Z.S. Kim. 1995.

- Allometry and canopy dynamics of *Pinus rigida*, *larix leptolepis*, and *Quercus serrata* stands in Yangpyeong area. Journal of Korean Forestry Society 84 : 186-197.
12. Kinerson, R.S. C.W. Ralston and C.G. Wells. 1977. Carbon cycling in a loblolly pine plantation. Oecologia 29 : 1-10.
 13. Laitat, E., T. Karjalainen, D. Loustau and M. Lindner. 2000. Contribution of forests and forestry to mitigate greenhouse effects. Biotechnology, Agronomy Society and Environment 4(4) : 241-251.
 14. McPherson, E.G. and J.R. Simpson. 1999. Carbon Dioxide Reduction through Urban Forestry : Guideline for Professional and Volunteer Tree Planters. USDA-USFS Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-171. 237p.
 15. Melillo, J.M., A.D. McGuire, D.W. Kicklighter, B. Moore III, C.J. Vorosmarty and A.L. Schloss. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. Nature 363 : 234-240
 16. Schroeder, P.E. and J.K. Winjum. 1995. Assessing Brazil's carbon budget : I. Biotic carbon pool. Forest Ecology and Management 75 : 77-86.
 17. Vitousek, P.M. 1991. Can planted forests counteract increasing atmospheric carbon dioxide?. Journal of Environmental Quality 20 : 348-354.
 18. Watson, R.T., I.R. Novel, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo and D.J. Dokken. 2000. Land use, Land-use Change, and Forestry. Cambridge University Press. 377p.