

あたらしい 林業技術

No.575

森林の CO₂ 固定・吸収能力と施業の
影響

平成 24 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 地球温暖化問題の対策として期待の大きい、森林の CO₂ 固定・吸収能力について把握するため、森林（樹木と土壌）炭素量の算出とマップ化に取り組みました。また、森林施業の違いによる CO₂ 固定・吸収能力特性を解明するため、植栽密度、間伐率、間伐放置木の 3 つの視点から調査を行いました。
- (2) 樹木部分の炭素固定・吸収量は、県内森林全体で 3,952 万 t の炭素が固定され、年間 56 万 t の炭素が吸収されていると推定されました。固定量・吸収量共に人工林地帯で多く、人工林の整備・維持が森林への CO₂ 固定・吸収に寄与すると示唆されました。
- (3) 土壌の炭素固定量は、76.5t/ha となり、樹木部分と同程度量の炭素が固定されていることが分かりました。また、県内に広く分布する褐色森林土について、土壌炭素量の変動を解析した結果、標高が高く、緩傾斜で、堆積腐植層が厚い場所で土壌炭素量が高くなる傾向が認められました。森林土壌に炭素を保持するため、森林整備により下層植生を発達させるなど、堆積腐植層の移動を低減する必要があると示唆されました。
- (4) 植栽密度が炭素固定量に与える影響について調べた結果、12 年生程度の若齢期では植栽密度が高いほど ha 当たりの炭素量は大きくなり、単木当たり炭素量では枝葉の現存量が炭素蓄積に 40～54%程度寄与することが示唆されました。
- (5) 間伐が炭素固定量に与える影響について推定した結果、累積伐採率が低いほど林分の炭素量が大きくなりますが、間伐材の有効利用により伐採率による差が小さくなると推定されました。
- (6) 間伐後に林内に放置された残材の炭素保持能力について調査した結果、少なくとも 10 年程度は炭素を保持し続けることが明らかとなりました。

2 技術、情報の適用効果

森林の CO₂ 固定・吸収量が明示されたことにより、森林の公益的機能の PR として利用できるほか、林地保全や間伐の促進に役立ちます。

3 適用範囲

県下全域。

4 普及上の留意点

施業の違いによる CO₂ 固定・吸収量の違いについてはまだ十分調査できたとはいえません。高齢林での調査を行うなど今後も調査を続ける必要があります。

目次

はじめに	1
1 森林の CO ₂ 固定・吸収量の推定	1
(1) 樹木炭素量の推定とマップ化	1
(2) 土壌炭素量の推定とその変動解析	3
2 施業の違いによる CO ₂ 固定吸収能力の解明	4
(1) 植栽密度が林木の炭素蓄積量に及ぼす影響	4
(2) 間伐が林木の炭素蓄積量に及ぼす影響	6
(3) 間伐放置木の炭素保持能力	7
おわりに	7
参考文献	7

はじめに

地球温暖化の問題に対して、その原因として最も盛んに言われているのが、温室効果ガスの一つ、CO₂ 濃度の上昇です。この対策としては、二酸化炭素の排出を削減する方法と、吸収源を確保する方法がありますが、後者の吸収源確保という点で、森林の持つ CO₂ の固定・吸収能力に大きな期待が寄せられています。実際、森林に期待する働きについての世論調査では、地球温暖化防止に貢献する働きが1位となっています。また、京都議定書の日本の削減目標6%のうち半分以上を占める3.8%分は森林のCO₂ 吸収によって賄われることになっています。

こうした期待の大きい森林のCO₂ 固定・吸収能力について、これまでに全国的な調査事業が、林野庁を主体として各都道府県の林業試験場で行われてきました。こうした事業の成果によって全国規模のデータは得られましたが、地域ごとの詳細は得られていませんでした。また、CO₂ 固定量と樹種、林齢、立地条件、施業方法等の諸条件との関係については不明な点が多くあります。このようなことから、静岡県内の森林について詳細なデータを把握する必要がありました。

そこで、当研究センターでは県内森林のCO₂ 固定・吸収量を計測するため、森林を樹木部分と土壌部分に分け、炭素量の算出とマップ化に取り組みました。また、森林施業の違いによるCO₂ 固定・吸収能力特性を解明するため、植栽密度、間伐施業、放置間伐木の3つの視点から調査を行いました。

1 森林のCO₂ 固定・吸収量の推定

(1) 樹木炭素量の推定とマップ化

森林のうちCO₂ を吸収する樹木部分の炭素量の推定とそのマップ化を行いました。樹木の炭素量は幹・枝葉・根の各部位の重量に炭素含有率を掛け合わせて算出できます(図1)。幹部分の材積は森林簿の材積データを使い、枝葉部分、根の部分の材積は、それぞれ樹種・齢級別のバイオマス拡大係数(地上部バイオマス/幹バイオマス)及び地下部・地上部比を材積に掛け合わせて反映させました。これらを重量変換するため容積密度を乗じ、最後に全樹種共通の炭素含有率=0.5を乗じることで炭素量を算出しました。森林簿の材積から炭素固定量が、成長量から炭素吸収量が算出されることになります。こうして算出された炭素量を林班別に集計し、ha当たりの炭素量を推定してマップ化を行いました。

県内森林の炭素固定量マップを図2に示しました。分布をみると、天竜地域など人工林が多い林班で値が大きく、沿岸域など広葉樹の多い林班で炭素固定量が小さくなるのが分かります。全県の平均ではha当たり77.3tの炭素固定量があり、県内森林全体では3,952.1万tの炭素が固定されていました。これは2,229万世帯の年間CO₂ 排出量に相当することになり、県内全世帯の年間排出量の約16倍に相当する量のCO₂ 相当量が森林域に固定されていることが分かりました。

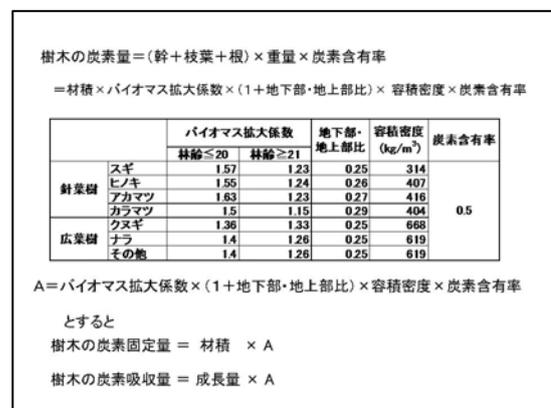


図1 森林炭素固定量・吸収量の算出方法

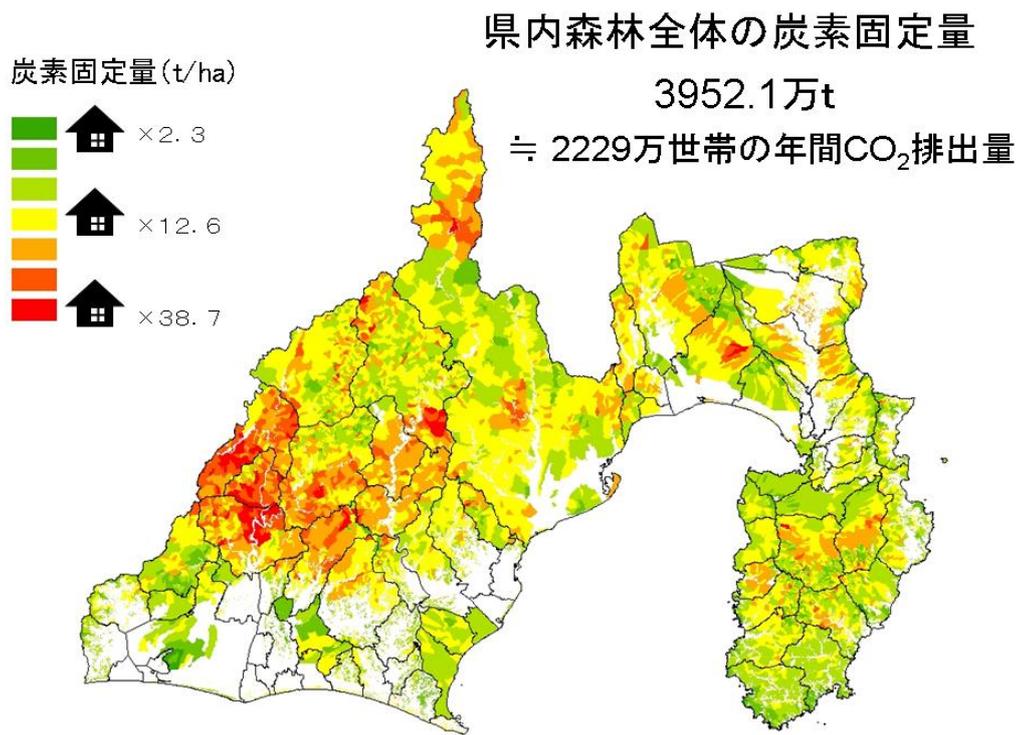


図2 県内森林の炭素固定量マップ

凡例は年間 CO₂ 排出量の目安別  : 1世帯の年間 CO₂ 排出量に相当

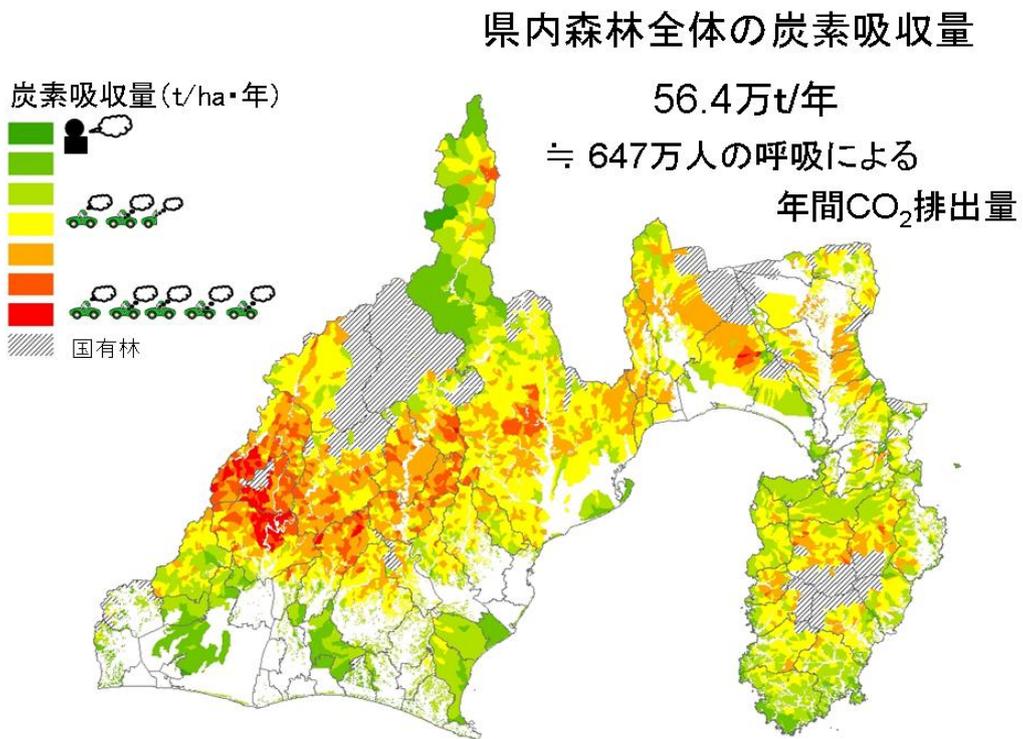


図3 県内森林の炭素吸収量マップ

凡例は年間 CO₂ 排出量の目安別  : 1人の呼吸、 : 車1台の年間 CO₂ 排出量に相当

炭素吸収量マップを図3に示しました。成長量データが得られなかった国有林は除いています。炭素吸収量マップは炭素固定量マップ同様に成長の早い人工林の多い林班で値が大きく、成長の遅い広葉樹の多い沿岸域で値が小さくなっていました。炭素量固定量マップとの相違点として、標高が高く成長量が小さいと考えられる林班では値が小さくなっていました。平均で年間・ha当たり 1.39 t の炭素吸収量となり、県内民有林全体では 56.4 万 t の炭素が吸収されていました。これは 647 万人の呼吸による年間 CO₂ 排出量に相当し、静岡県民全員の呼吸による年間 CO₂ 排出量の 1.7 倍に相当する炭素を森林域が吸収していることが分かりました。

固定量・吸収量共に、成長が早く材積も多い人工林地帯で多く、人工林の整備・維持が森林への炭素固定・吸収に寄与すると示唆されました。

(2) 土壌炭素量の推定とその変動

森林には土壌中にもたくさんの炭素が固定されています。土壌炭素量の調査は、県内民有林 45 箇所、国有林 2 箇所、計 47 箇所で行いました。これら調査箇所は特定の場所に偏らないよう系統的に選択しています。

調査は、堆積有機物と土壌について行いました。堆積有機物は枝、葉、それらが屑状になった F 層と H 層を採集しました。土壌は深さ 30cm までの土の試料を 0 cm から 5 cm、5 cm から 15cm、15cm から 30cm の 3 つの層に分けて採集しました。採集した試料は、炭素濃度を分析し、重量や石礫率等を考慮して炭素量を推定しました。

全調査地の平均値を表1に示しました。堆積有機物は平均 5.6t/ha、土壌は平均 71.0t/ha、合計 76.5t/ha と推定されました。この合計値の大きさに基づき色分けしたのが図4です。多くの地点で平均値前後の炭素量が計測されましたが、蒲原 (204.0 t/ha) と伊東 (347.1 t/ha) の2地点では平均値を大幅に上回る大きな値が計測されました。これら2地点は火山噴出物を母材とする黒色土で、一般的に見られる褐色森林土と比べ有機物を多く含むため、炭素量が多くなっていると考えられました。こうして得られた土壌の炭素固定量 (76.5t/ha) と樹木の炭素固定量 (77.3t/ha) はほとんど同じで、森林の樹木部分と深さ 30cm までの土壌には同程度量の炭素が固定されていることが分かりました。

表1 堆積有機物と土壌の炭素固定量

	(単位 t/ha)		
	堆積 有機物	土壌 (30cm)	合計
平均	5.57	70.97	76.54
±SD	±4.4	±49.4	±49.7
最大	23.41	344.78	347.08
最小	0.81	14.38	17.86

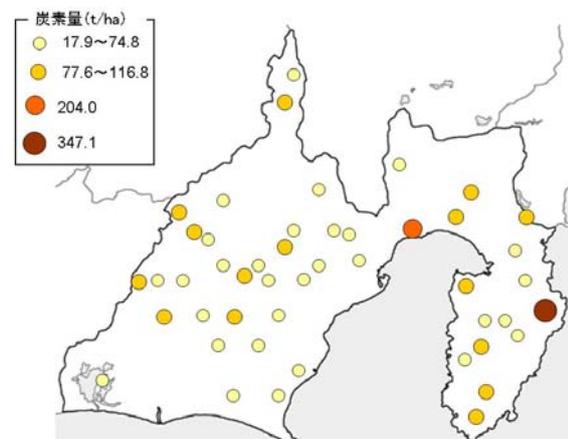


図4 土壌の炭素固定量分布図

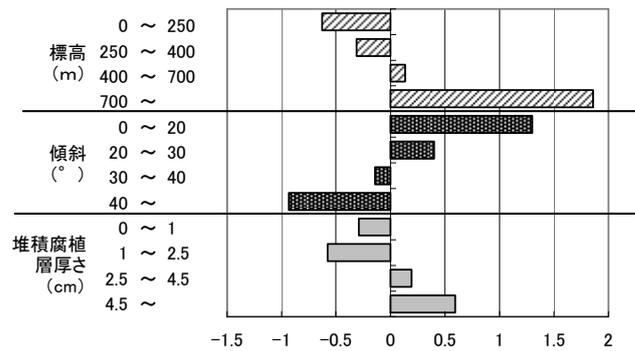


図5 土壌炭素量予測のためのカテゴリースコアグラフ

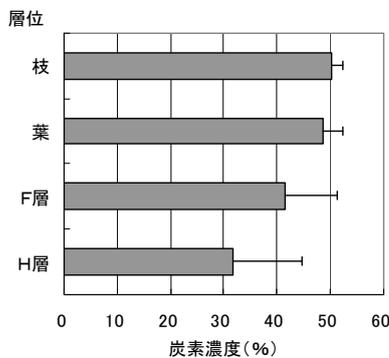


図6 堆積有機物の層別炭素濃度

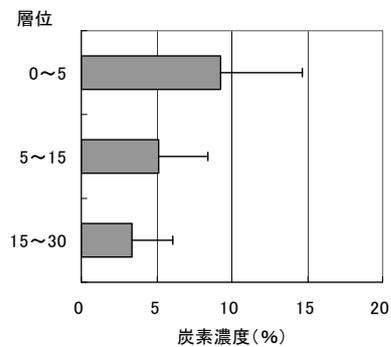


図7 土壌の層別炭素濃度

県内に広く分布する褐色森林土について、土壌炭素量の変動を解析しました（図5）。その結果、標高、傾斜等が主要な要因と推測され、標高が高く、緩傾斜で、堆積腐植層が厚い場所で土壌炭素量が高くなる傾向が認められました。これは、気温が低く表土の移動が少ない場所では堆積腐植層が厚く、炭素の固定が多いためと考えられました。このことから、森林土壌に炭素を保持するため、森林整備により下層植生を発達させるなど、堆積腐植層の移動を低減する必要があると示唆されました。

堆積有機物、土壌について炭素濃度を層別に比較しました（図6、図7）。堆積有機物は枝、葉、F層、H層と、分解が進むにつれ炭素濃度が低下していることが分かりました。幹の炭素濃度は図1のとおり50%ですが、落葉・落枝もほぼ50%でほとんど変わらず炭素を保持していました。土壌の炭素濃度はどの層も10%未満で、深さが増すに伴いその値は低下していました。従って、これら層別炭素濃度のデータから、間伐等により下草を繁茂させて堆積有機物や表層土を流亡させないことが、森林土壌へ炭素を保持しておく上で重要であることが示唆されました。

2 施業の違いによるCO₂固定吸収能力の解明

(1) 植栽密度が林木の炭素蓄積量に及ぼす影響

植栽密度が単木及び林分の炭素蓄積量に及ぼす影響は明らかではありません。特に、近年低コスト造林のために、1,000本/ha程度の低密度で植栽する事例が増えていますが、そういった疎植

での事例も明らかではありません。そこで、植栽密度の異なる試験地において部位別の炭素蓄積量を調査しました。

調査は静岡県浜松市浜北区四大地の植栽密度別試験地で行いました。試験地内にはスギ、ヒノキそれぞれで植栽密度を ha 当たり 1,000 本、2,000 本、3,000 本に変えた試験区が計 6 つあります。

調査は 12 年生時に試験区ごとの毎木調査を行い、胸高直径 (DBH) と樹高 (H) の平均、標準偏差を元に、各サイズの標本木を 5 本設定し、これを伐倒した後、2 m 毎の層別刈取法により各高さに属す幹・枝・葉・枯枝葉に区分して試料を採集し、立木の高さ・部位別乾燥重量を推定しました。得られた値と相対成長 (DBH²・H) の関係から、毎木調査結果と組合せて、全個体の部位別乾燥重量を算出しました。さらに炭素濃度を 50% として、調査区別の炭素蓄積量を算出しました。

図 8 は試験区別標本木の生産構造図です。スギでは植栽密度が高くなるほど各層の乾重が小さくなりました。葉は植栽密度が高くなるにつれ、葉層の位置が高くなっていました。また、2,000 本区と 3,000 本区では高さ 4 m 以下での枝葉の枯れ上がりがみられました。ヒノキもスギと同様で、2,000 本区と 3,000 本区はほぼ相似形でしたが、3,000 本区では乾重が大きくなっていました。

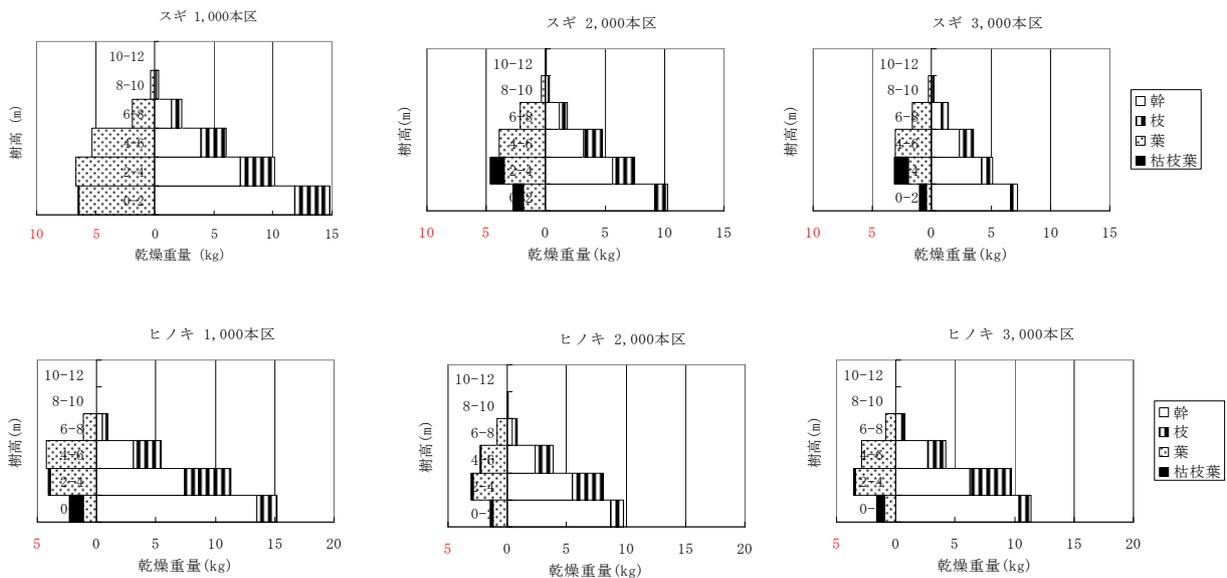


図 8 試験区別標本木の生産構造図

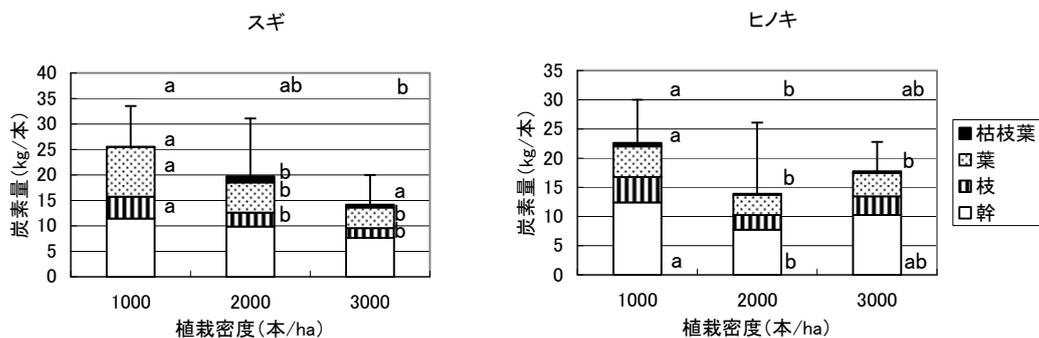


図 9 各試験区の単木当たり部位別炭素量

エラーバーは標準偏差を示す。異なる英字間には 5% 水準で有意差あり。(Scheffe の多重比較検定)

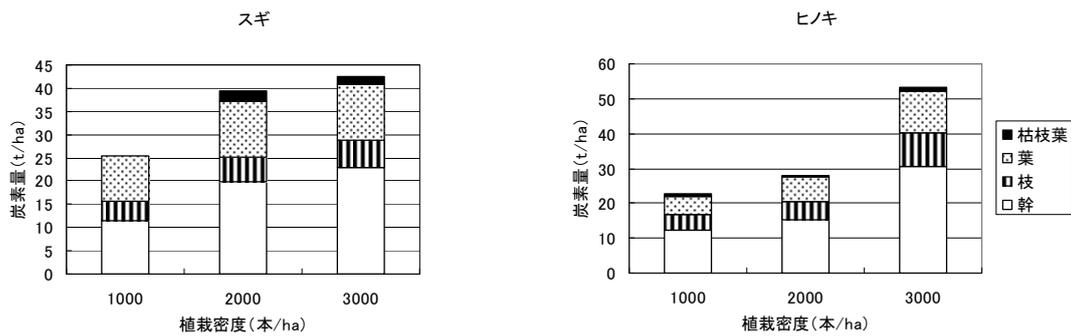


図 10 各試験区の ha 当たり部位別炭素量

各試験区の単木当たりの部位別炭素量を図 9 に示しました。スギ・ヒノキともに植栽密度間で有意差がみられ、1,000 本区で最も高い値（スギ 25.7kg/本、ヒノキ 22.4kg/本）となりました。特にスギでは単木炭素量のおよそ半分を枝葉が占めるなど、枝葉の現存量が炭素蓄積に 40～54% 程度寄与しており、枝葉の張り出しが炭素量に大きく寄与することが分かりました。

各試験区の ha 当たりの部位別炭素量を図 10 に示しました。スギ、ヒノキ共に植栽密度が高いほど炭素量も大きくなりました。スギでは 2,000 本区と 3,000 本区であまり差がありませんでした。

以上から、12 年生程度の若齢期では植栽密度が高いほど ha 当たりの炭素量は大きくなり、単木当たり炭素量では枝葉の現存量が立木全体の炭素蓄積の 40～54% を占めていることが示唆されました。

(2) 間伐が林木の炭素蓄積量に及ぼす影響

間伐施業が森林への CO₂ 固定量に及ぼす影響を明らかにするため、強度に間伐を行い、単木当たりの成長量を増大させた方が CO₂ 固定に優れているのか、間伐率を抑えた施業を行い、林分当たりの蓄積量を大きく保ったほうが CO₂ 固定にとって良いのか、検討しました。そのため間伐履歴の分かる林分において、間伐率の違いによる蓄積された炭素量を推定しました。

調査は浜松市天竜区龍山町のスギ林分密度管理試験地で行いました。この試験地は植林後、24 年生時に 3 段階の強度で間伐され、36 年生時に 2 度目の間伐が行われました。

36 年生時の第 2 回間伐までの胸高直径と樹高データを元に、1 ha 当たりの立木炭素量を算出し、間伐木も同様に炭素量を計算しました。そして、間伐木が 100% 利用され、CO₂ を固定し続けていると仮定した時の間伐強度ごとの累積炭素量を比較しました。

図 11 に、各累積伐採率における立木と間伐木の ha 当たり炭素量を累計した林分の炭素量比較を示しました。立木だけを比較すると、累積伐採率が低いほど林分の炭素固定量は大きくなりますが、間伐木も含めて比較すると差は小さくなっていました。

このことから、間伐材を利用すれば CO₂ の長期固定

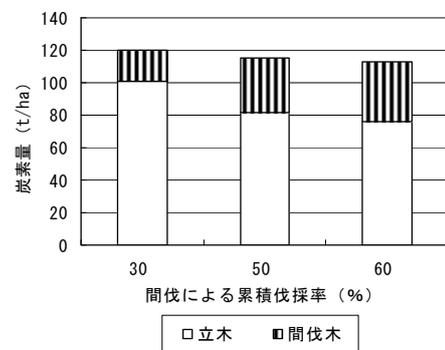


図 11 間伐による累積伐採率別の立木・間伐木の炭素量比較

が図れることにより間伐による影響は相殺されることが示唆されました。

(3) 間伐放置木の炭素保持能力

近年、材価の低迷等により間伐しても材として利用されずそのまま林内に放置されてしまう事例が多くなっています。これら間伐放置木は、一定の期間炭素を貯留する機能を果たしていると考えられます。しかし、こうした間伐放置木の分解速度や貯蔵されている炭素量の変化についての情報は限られており、それらを把握し、炭素プールとして適正に評価する必要があります。そこで、間伐後の年数の違いによる間伐放置木の炭素量を調べ、どの程度の期間、間伐放置木に炭素保持能力があるのかを推定しました。

調査地は浜松市天竜区内で過去10年間に切り捨て間伐した箇所を調査対象としました。間伐放置木の炭素貯留程度をおおまかに把握するため、間伐後の経過年数1、3、5、7及び10年の箇所を選定しました。調査区内に存在する間伐放置木から、スギの円板試料を採取し、試料の厚さ、直径と重量を計測し、乾燥後の容積重を計算しました。また、材試料から樹皮を除去した後粉碎し、試料の炭素濃度を測定しました。容積重と炭素濃度から間伐放置木の炭素量を推定しました。

間伐放置木の経過年数別炭素量変化を図12に示しました。これを見ると、間伐後の年数が経過するにつれ間伐放置木の炭素量が減少していました。つまり、今回調査した箇所の間伐放置木は間伐後の経過年数に応じて炭素量が減少していたことが分かります。ただし、10年経過後の試料にも炭素が確認され、間伐放置木は少なくとも10年程度は炭素を保持し続けることが明らかとなりました。

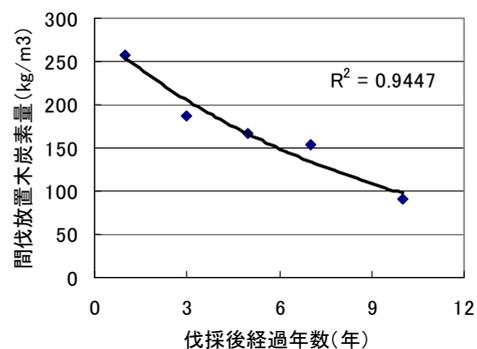


図12 間伐放置木の経過年数別炭素量変化

おわりに

地球温暖化防止のため、森林によるCO₂吸収量を増大・維持するためには、適切な間伐と間伐木の利用が大切だということが、今回の結果から分かりました。また、森林のCO₂固定・吸収量が明示されたことにより、林地保全や間伐の促進に役立つことが期待されます。施業の違いによるCO₂固定・吸収量の違いについて調査を続けることで、この能力を高めるための森林造成の指標を示すことができます。

参考文献

- 1) 綿野 好則, 2012. スギ・ヒノキ人工林の植栽密度による単木及び林分の炭素蓄積量の違い. 中部森林研究, 60, 13~14.
- 2) 綿野 好則, 2011. 森林の持つ温暖化防止能力を探る～樹木と土壌のCO₂固定・吸収量の把握～. 平成23年度静岡県森林・林業技術研究発表会論文集, 121~128.

(現) 静岡県くらし・環境部環境局自然保護課・主任・綿野好則

発行年月：平成25年3月
編集発行：静岡県経済産業部振興局研究調整課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-2676

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>