

平成14年度

独立行政法人 森林総合研究所

研究成果発表会

森林は京都議定書にどれだけ貢献できるのか？

講 演 要 旨 集

独立行政法人
森林総合研究所

平成14年度

独立行政法人 森林総合研究所

研究成果発表会

森林は京都議定書にどれだけ貢献できるのか？

日 時 平成14年10月21日（月） 13：00～16：30

場 所 三会堂ビル9階 石垣記念ホール

東京都港区赤坂1-9-13 Tel. 03-3582-7451

地下鉄銀座線 虎ノ門駅下車徒歩5分

発 表 課 題

1. 森林のCO₂吸収量をタワーではかる
気象環境研究領域 気象研究室長 大谷 義一 2
2. 森林の手入れはCO₂吸収量にどう影響するか？
植物生態研究領域 物質生産研究室長 千葉 幸弘 7
3. 森林が作る炭素の隠し金庫 ―森の土―
立地環境研究領域 養分環境研究室長 高橋 正通 11
4. CO₂吸収をめざした熱帯での大規模造林が地域社会に与える影響
東北支所 森林資源管理研究グループ 研究員 横田 康裕 ... 14
5. 森林総合研究所の研究と京都議定書
森林管理研究領域 領域長 天野 正博 20

森林のCO₂吸収量をタワーではかる

大谷 義一（気象環境研究領域 気象研究室長）

1. 背景と目的

地球温暖化防止の国際的な取り組みにおいて、森林生態系のCO₂吸収量の把握が重要な課題となっている。しかし、温暖化防止に対する森林の役割を評価するという、社会的・科学的な要請にこたえるだけのデータはまだ蓄積されていない。森林生態系による大気中のCO₂の吸収は、森林が光合成によって大気中のCO₂を固定するという、森林生態系の最も基本的な営みに依存しており、多様な気候や森林タイプに対応した炭素循環のメカニズムの解明が急がれている。とりわけ、森林によるCO₂吸収量の評価を行い、温暖化にかかわる森林と気候の相互影響を予測するためには、観測によって森林と大気間のエネルギーやCO₂の輸送過程を明らかにし、モデルの構築やモデルの検証に必要なデータを収集・蓄積する必要がある。このような観測研究は、陸域生態系のCO₂収支を評価しこれを国別排出量に反映させようとする、温暖化防止京都会議以降の社会的要請に対して、科学的な知見を盛り込むためにも欠くことはできない。

2. 森林総合研究所フラックスネットと国際的なフラックス観測ネットワーク

森林総合研究所では、気候帯や森林タイプの異なる森林に、気象観測試験地を設定し（表1，図1），観測タワーを使った森林－大気間のエネルギーやCO₂輸送量（フラックス）の連続観測を行っている。観測によって、群落スケールでの輸送量と輸送過程が試験地毎に明らかとなる。観測精度を維持し、新たな観測・解析手法に柔軟に対応し、さらに個別の観測研究成果を効率よく集約するために、各観測サイト間の連携を密に保つ必要がある。森林総合研究所フラックス観測ネットワーク（FFPRI FluxNet）という名称でこれらの観測研究を束ね、共通の目的と観測項目を定めたフラックス観測研究を行っている。

表1. 大気—森林間のCO₂フラックス観測試験地の概要

試験地	位置	地形 群落高(m) / 林齢(yr)	標高(m) 群落面積(ha)	主要樹種	(m) タワー高	観測開始
札幌森林気象試験地	42° 59'N, 141° 23'E	緩傾斜地 (0~7°) 24 / 約 90	180 80	シラカンバ ミズナラ	41	1999
安比森林気象試験地	40° 00'N, 140° 56'E	緩傾斜地 (5.7°) 18 / 約 70	825 37	ブナ	31	1999
川越森林気象試験地	35° 52'N, 139° 29'E	平坦地 15 /	30 40	コナラ アカシデ	25	1995
富士吉田森林気象試験地	35° 27'N, 138° 46'E	緩傾斜地 (3.5°) 19 / 約 80	1,030 3,600	アカマツ ソヨゴ	32	1999
山城森林水文試験地	34° 47'N, 135° 51'E	複雑地形・水文観測 6-20 /	220 1,000	コナラ ソヨゴ	36	1999
鹿北流域試験地	33° 08'N, 130° 43'E	複雑地形・水文観測 10-30 / 42-46	165 15	スギ ヒノキ	52	1999

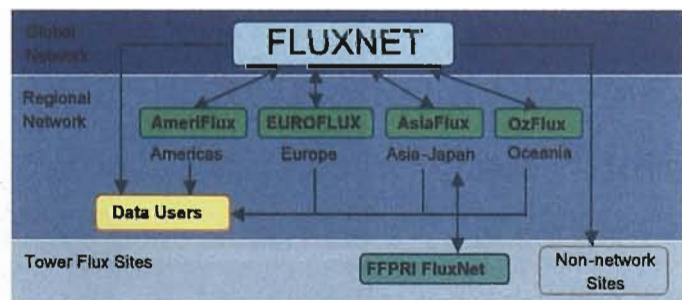
図1. 森林総合研究所による大気—森林間のCO₂フラックス観測試験地の位置

図2. 国際的なフラックス観測ネットワークにおける森林総合研究所フラックス観測の位置づけ

近年、北アメリカやヨーロッパの研究者を中心に、フラックス観測データをデータベース化するネットワークが作られ、それぞれEUROFLUX, AmeriFluxといった名称で活動が続けられてきた。これを地球規模に展開する重要性が提起され、世界のフラックスネットワーク (FLUXNET) 構築の機運が高まっている。同時に、日本を拠点としてアジア域のフラックス観測成果を集約するアジアフラックス (AsiaFlux) が2000年に活動を開始した (図2)。森林総合研究所フラックス観測ネットワークは、アジア域の森林生態系において継続的なフラックス観測研究を展開する数少ない研究グループとして、AsiaFluxに参画している。

3. 観測の概要

札幌，安比，川越，富士吉田，山城，鹿北の各試験地には，観測プラットフォームとして高さ25m～52mのタワーが設置された（表1，図3）。観測要素は，乱流変動法（渦相関法）による森林群落上のCO₂フラックス，顕熱・潜熱フラックスと，群落全体のエネルギー収支などである。乱流変動法は群落上のエネルギーやCO₂フラックスの測定手法の一つで，風速と気温，湿度，CO₂濃度をそれぞれ1秒間に5回～10回測定し，測定データを計算してフラックスを求める。これらの微気象要素を測定するために，超音波風速温度計，赤外線CO₂ガス分析計，長波・短波放射計，光合成有効放射計，気温・湿度計，風速計，地中熱流計，地温計，土壤水分計などの測器を，観測タワーとその周辺に配置した（図4）。



図3. フラックス観測タワー（富士吉田森林気象試験地）



図4. タワー頂部に設置した乱流変動法の測器群（測定要素：風速の3次元成分，気圧，CO₂濃度，水蒸気濃度など）

4. 森林のCO₂吸収量の観測結果の一例（富士吉田森林気象試験地）

森林総合研究所フラックス観測ネットワークに属する富士吉田森林気象試験地では，富士山北麓の常緑針葉樹林（アカマツ林）を対象に，フラックス観測を実施している。アカマツ林の群落高は約19m，林齢約80年で，森林は傾斜3.5度のほぼ一様な緩斜面上に位置する。試験地に設置された高さ32mの観測タワーにおいて微気象観測を行い，データを解析

した。連続観測によって得られた、CO₂吸収（あるいは放出）量の季節変化（暦年2001年、2002年）を図5に示す。図で緑～青（負の値）に着色された時間帯は、森林によるCO₂吸収を表す。

2000年を基準に2001年を比較すると、降水量は約425mmの増加、年全天日射量はほぼ等しく、年平均気温は約0.4℃低下した。年間のCO₂吸収量は約2.5%の減少となり大きな違いはなかったが、その季節変化パターンは両年で大きく異なった。2000年は、梅雨季（6月：通日が150～180日）に顕著なCO₂吸収量の減少が見られ、これ以外の暖候季には明瞭な減少傾向は見られない。これに対して2001年は、7月～8月（通日が180～240日）の吸

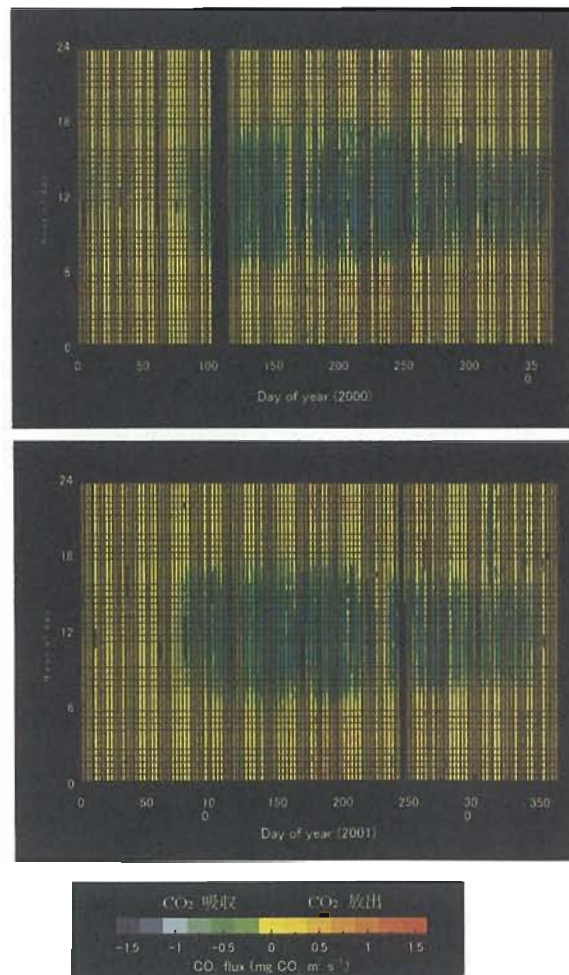


図5. 2000年及び2001年の二酸化炭素フラックスの季節変化（富士吉田森林気象試験地）

横軸は年間の通日，縦軸は1日の中の時刻を示す。CO₂吸収量は色別に示され，緑～青は森林による吸収，橙～赤は森林からの放出をそれぞれ表す。

収量は逆に2000年よりかなり少なく、特に9月（通日が240～270日）は前年同時期と比較してCO₂吸収量の減少が顕著であった。冬季における休眠期間は2001年が2000年より約1か月長かった。常緑針葉樹林サイトの富士吉田試験地では、CO₂吸収量は気温や日射量の変動をそのまま反映する。気温が高い時期（生態系呼吸量の多い時期）にどの程度の日射量が得られるか、休眠期間がどの程度の長さになるかといった年々の気象条件の違いが、年間のCO₂吸収量に大きく影響することが分かった。

今後は、データの精度向上に配慮しつつデータの蓄積を図り、森林のCO₂吸収過程を解明し、森林群落のCO₂吸収量とその年々変動を明らかにしたい。

本研究は、森林総合研究所の研究予算の他に環境省地球環境研究総合推進費の補助を得て実施している。

なお、森林総合研究所フラックス観測ネットワークでは、下記のURLでwebサイトを運営し、最新の情報を公開している。

FFPRI FluxNet: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux>

森林の手入れはCO₂吸収量にどう影響するか？

千葉 幸弘（植物生態研究領域 物質生産研究室長）

大気中に含まれる温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）の濃度を低下させるためには、木を植えて森林面積を増やし、森林にCO₂をどんどん吸収させ固定することができれば、それに越したことはありません。しかし、世界中で森林面積を増やすというのはそんなに簡単なことではありません。そこで地球温暖化を防止するためのもう一つの手だてとして、何らかの方法で現在ある森林のCO₂固定量を増加させることが模索されています。

間伐などの手入れを怠った人工林は、成長量が低下してCO₂固定量も減少すると思われていますが、それは本当なのでしょうか。手入れをした方がCO₂の固定量を増やせるというのなら、どのような手入れをするのが効果的なのでしょうか。そして、人工林よりも天然林の方がCO₂固定量は多いのでしょうか、それとも逆なのでしょうか。今このような疑問への答えが求められています。

1. 森林生態系におけるCO₂吸収の仕組み

植物は太陽エネルギーを利用して、二酸化炭素と水から有機物と酸素を作り出します。これが光合成です：



光合成で合成された有機物は、植物体そのものが生きていくために一部は呼吸として消費され、葉・枝・幹・根から再び大気にCO₂が放出されます。そして残った有機物が植物の成長に回されることになります。単純に考えれば、この「成長量」が植物によって固定されたCO₂量に相当すると思われるでしょう。

しかし「森林」として見た場合、一本一本の木が持っている枝や葉はある時期が来れば枯れ落ちてしまいますし、木そのものもいずれは枯死します。このような枯死材にも炭素

が蓄えられています。また森林土壌にもこれまでに蓄えられた有機物が存在し、それら有機物も徐々に分解して大気中にCO₂となって戻っていきます。森林のCO₂固定量を推定するためには、光合成から始まって、呼吸、成長、枯死、分解などの様々な経路をきちんと理解しておく必要があります(図1)。

2. 人工林を間伐すると・・・

スギをはじめとする人工林では、植栽後20年頃までに最初の間伐が行われ、その後何回か間伐を繰り返して、50年前後で一斉に伐採されるのが一般的です。最初植栽本数や間伐のやり方は、どのような丸太を生産しようとするのかという生産目標によって違います(図2)。

間伐をすると、森林が持っている枝葉量が一時的に減少しますから光合成によるCO₂吸収量も減少します。しかし時間の経過とともに減少した枝葉量も回復して、光合成量も元の状態まで回復していきます。ところが、間伐を繰り返していくうちに隣接木同士の距

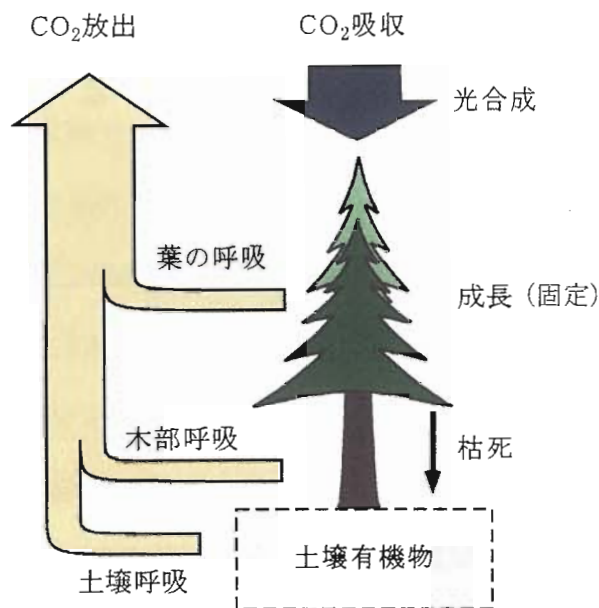


図1. 森林におけるCO₂収支の模式図

CO₂固定量=CO₂吸収量-CO₂放出量
ただし現段階で計測可能なものだけを対象とし、生態系外への移動は省略した。

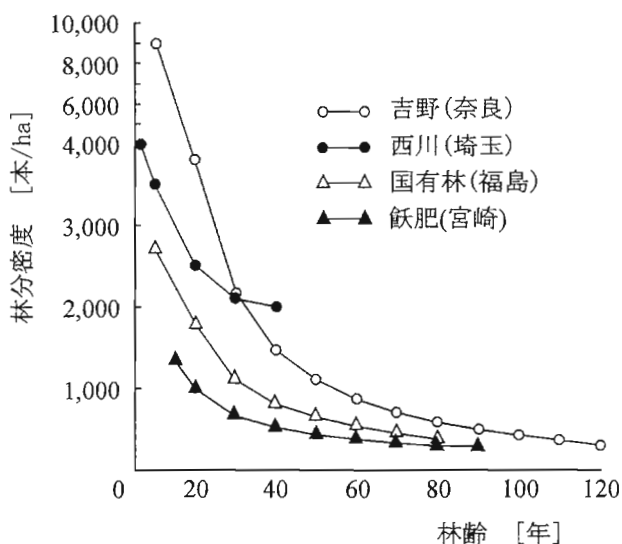


図2. 代表的林業地における林分密度管理

各林業地では生産目標に応じて、植栽本数や間伐の仕方(強さ・回数)が異なる。

離が徐々に広くなるので、間伐後の枝葉量の回復速度は徐々に遅れ始めます。そうすると森林全体の光合成量も低下しますから、見かけ上CO₂吸収量も減ることになります。

しかし一方で、間伐によって隣接木同士の距離が広くなるために、一本一本の木が持っている枝の量は増加していきます（図3）。炭素貯留器官として、幹と同様に枝も重要な役割を担っていますから、間伐によって林分当たりの枝と葉の量がどのように変化していくのか見極める必要があります。そして間伐によって収穫する木材と最後に伐採される木材と合計（総収穫量）がその人工林のCO₂固定量を評価する上で重要ですから、CO₂固定に対する間伐効果を判断するためにはそれらをすべて考慮する必要があります。木材の総収穫量は間伐の強弱などに関係なく大差ないという報告もなされていますが、CO₂固定に対する間伐効果という観点から見ると、枝葉量や呼吸消費などを含めて再考の余地があります。

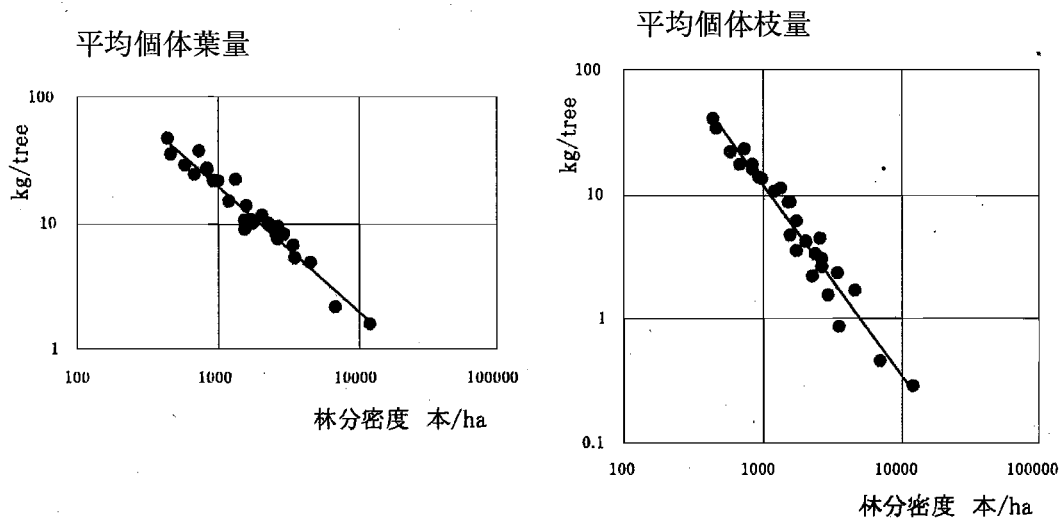


図3. 枝及び葉に関する密度効果

林分平均個体の枝葉重量は林分密度と密接な関係がある。

3. CO₂収支のシミュレーションと課題

光合成によるCO₂吸収量から、呼吸や分解によるCO₂放出量を差し引いたものが、生態系としてのCO₂固定量になります（図1）。上述したような森林生態系におけるCO₂の移動量を整理して可能な限りデータで裏付けながらCO₂固定量を科学的に評価しなければな

りません。さて人工一斉林での間伐施業を考慮して、有機物の分解をも加味した生態系としてのCO₂固定量をシミュレーションによって推定したのが図4です。若齢段階（20年生前後）で固定量がピークに達した後、徐々に固定量が減少していく様子が見て取れます。この推定をさらに精緻なものにするためには、間伐による林分構造の変化や林内光環境の変化を反映させ、光合成や呼吸そして分解速度の環境要因に対する応答を組み込むなど、さらに改良する必要があります。

最近では人工一斉林の持つ欠点を回避するために、人工林の複層林化や混交林化が進められています。このような森林では林冠層が複雑になり樹種構成も単純ではないために、CO₂収支を推定するのは容易ではありません。しかし、構造が単純な一斉人工林よりも、生態的に安定しているといわれる複層林や混交林あるいは長伐期林を効果的に配置・整備するためにも、これらの森林のCO₂収支を評価しておく必要があるでしょう。

なお本研究は以下のプロジェクトのもとで実施されました：「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」（農林水産省）、「アジアフラックスネットワークの確立による東アジアモンスーン生態系の炭素固定量把握」（環境省）、「炭素循環に関するグローバルマッピングとその高度化に関する国際共同研究」（文部科学省）

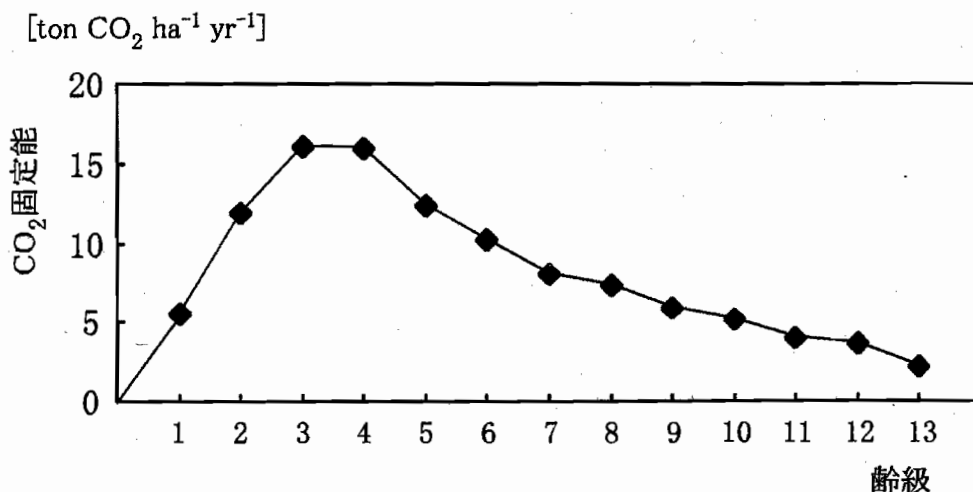


図4. スギ人工林の齢級別CO₂固定能

光合成によるCO₂吸収量から、呼吸消費や有機物分解によるCO₂放出量を差し引いた、森林生態系としてのCO₂固定量を試算した。

（注：齢級とは林齢を5年ごとにくくったもので、林齢1～5年生を1齢級、6～10年生を2齢級のようにいう）

森林が作る炭素の隠し金庫 一森の土一

高橋 正通（立地環境研究領域 養分環境研究室長）

1. 森林土壌の炭素蓄積

樹木は光合成により二酸化炭素（CO₂）を固定し、多量の炭素を蓄積しています。樹木を見上げるとその大きさが実感できます。一方、足下に目を向けると地上部を支える根が地下深くに張り巡らされています。さらに、土壌にも有機物が含まれています。深さ1m程度の土壌に含まれる炭素量を調べると、意外に大きいことが分かります。

最新の集計を見ると、地球全体で2011Gt（ギガトン＝10⁹トン）の炭素が土壌に蓄積しています。その量は植物に貯蔵されている炭素量（466Gt）の4倍近くに達するものです。土壌の炭素蓄積を無視して、陸上の炭素循環を論ずるのは片手落ちといえるでしょう。

日本の森林土壌にはどのくらい炭素が蓄積しているのでしょうか。おおよそ54億トン（5.4Gt）と推定されています。より正確な推定を行うため、北海道の土壌炭素蓄積の詳細なマップを作りました（図1）。同様の手法で全国的な土壌炭素地図を作製し、炭素蓄積の精度を高める研究を進めています。

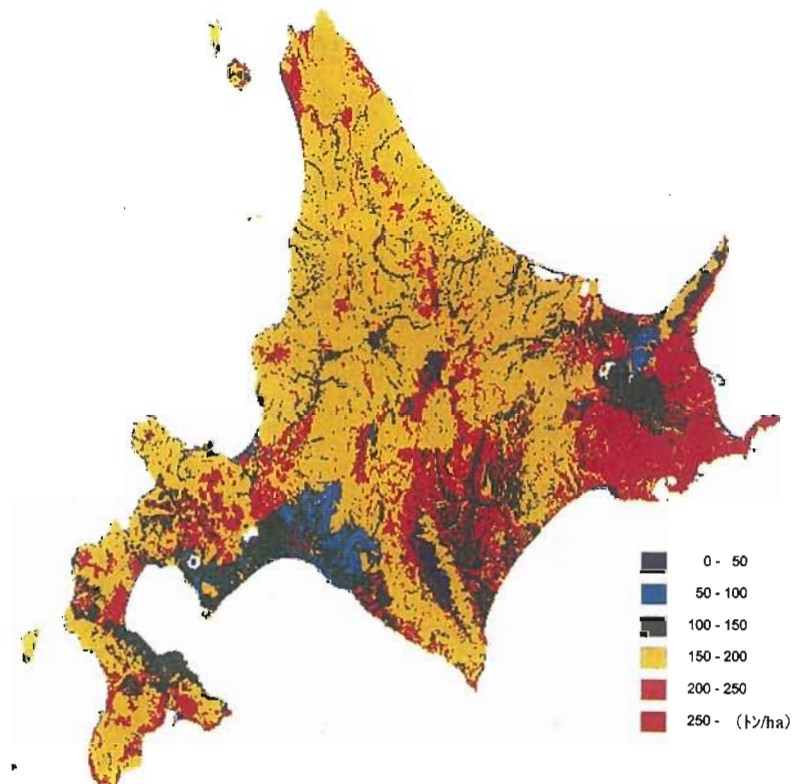


図1. 土壌炭素の分布図（北海道の例）

2. 森林施業で土壌有機物は増えるか減るか？

施業などの森林の取り扱いの仕方で森林土壌の炭素量はどのように変化するかを考えてみます。人類は森林を伐採し、農地の拡大を図ってきました。森林を伐採すると落葉など新たな有機物が供給されなくなる一方、土壌有機物の分解が続くので、土壌炭素蓄積量は減少します。1960年代以降、熱帯の発展途上国を中心に森林の伐採と農地へ転換が進み、土壌からの炭素放出が続きました。

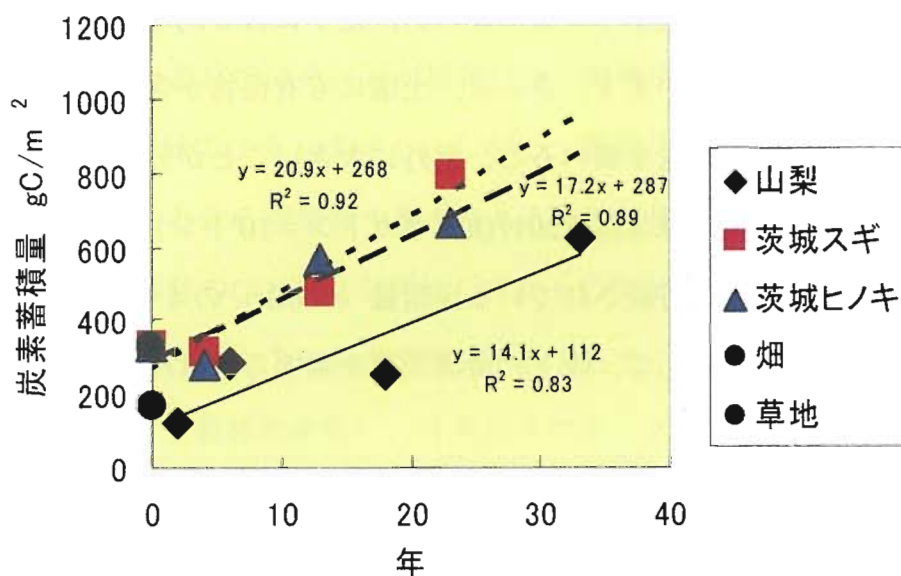


図2. 植林に伴う土壌への炭素蓄積

一方、荒廃地に植林を行うと（新規植林）、落ち葉や枯死根などにより土壌有機物量は再びゆっくりと増加します。荒廃地への植林は、樹木による炭素吸収だけでなく、土壌への炭素蓄積も期待できます。

有機物の少ない畑に植えられたスギやヒノキ林を調査し、土壌炭素の蓄積速度を調べました。落葉などの地表の有機物は、炭素換算で毎年スギは 38g/m^2 、ヒノキは 13g/m^2 の割合で増加していました。また、鉾質土壌の地表0～5cmにおける炭素の蓄積は毎年 $14\sim 21\text{g/m}^2$ 程度でした（図2）。地上の樹木による炭素蓄積速度より遅いですが、土壌中にも確実に炭素が増加していました。しかし、必ずしも土壌炭素の増加に結びつかない場合もありました。熱帯のタイにあるチーク若齢林では地上部への炭素蓄積は順調に増加してい

ますが、土壌からのCO₂放出

(土壌呼吸)はいまだに大きいことが分かりました(図3)。土壌炭素の蓄積には気候や植生、地質条件などが大きく影響します。

日本で一般的に行われているような森林を伐採後、植林し、再び森林に戻すような再植林の場合、土壌有機物は変化するのでしょうか。森林を伐採すると未利用の枝葉や根株が林地に残されます。これ

ら未利用有機物(枝条)と土壌有機物を併せると伐採現場には一時的に多量の有機物が蓄積します。植林した樹木による炭素の吸収量に対し土壌や残存有機物の分解量が吸収量を大きく上回らなければ、伐採の影響は少ないでしょう(図4)。しかし、実証データに乏しいため、正確な土壌炭素変動の観測地を設け、定期的に調査を行っています。

土壌中の炭素蓄積の大きさを考えると、その変化は大気中の二酸化炭素の放出や吸収に密接につながります。しかし、森林による吸収量や排出量のカウントに土壌の炭素動態を加味するためには、今後、正確な計測手法と信頼度の高いモデルの開発が求められています。

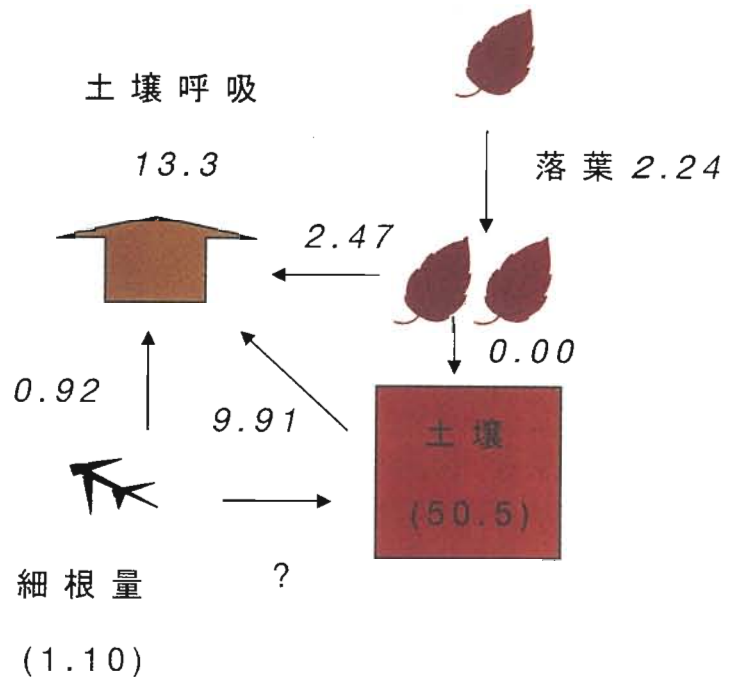


図3. タイの若いチーク林の年間炭素動態
炭素: t ha⁻¹ y⁻¹, カッコ内現存量: t ha⁻¹

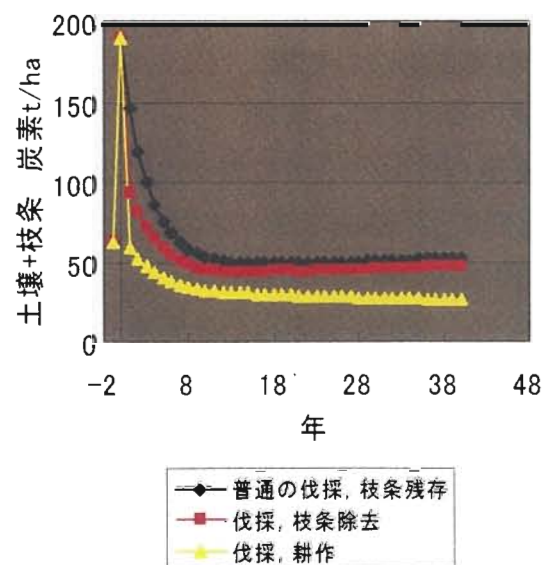


図4. 伐採後の土壌炭素量変化（モデルによる推定）

CO₂吸収をめざした熱帯での大規模造林が 地域社会に与える影響

横田 康裕（東北支所 森林資源管理研究グループ 研究員）

1. はじめに

アメリカや日本では、新規造林事業による炭素吸収に非常に大きな関心が寄せられています。その一方で、世界的な環境保全や基本的人権・生活権・生存権尊重の気運が高まる中、大規模造林事業が周辺の自然環境や地域社会に及ぼす影響を考慮し、悪影響を回避・軽減させることは必須課題となっています。

本報告では、大規模造林事業が地域社会に与える影響、特に土地利用や生産活動面への影響について、インドネシアの産業造林事業の例を紹介します。産業造林事業は、造林の主目的が炭素吸収ではありませんが、「外部の事業体」による「大面積造林」が地域社会に与える影響を見る際に、参考になります。

なお、具体的な影響の内容は地域ごとに異なります。そこで、今回の発表では、紹介する影響の内容そのものよりも、影響を把握する際にどのようなことが重要かに注目していただければ幸いです。つまり、今後整備されていく影響把握マニュアルを利用する際の注意点としていただくことが目的です。

2. 手法

影響の把握は、次のような手順で行いました。

a) 事業の実施方法の把握

①事業の制度内容の整理

②調査地域における事業体と地域社会との関係の把握

b) 事業開始前の森林空間の利用実態の把握

c) 事業開始後の変化の把握

①それぞれの利用形態における変化の有無及びその内容の把握

②変化した理由（経緯）の整理（事業との因果関係の整理）

③事業による影響の抽出

3. 産業造林事業の実施方法

3-1 インドネシアの産業造林（HTI：Hutan Tanaman Industri）

インドネシアでは、木材加工産業への原木の安定供給を主目的として「産業造林事業」

が国策として行われています。
その規模は、アジアでも最大であり、最大面積は30万haにもなります。主にアカシア・マンギウムなどの早生樹を植林

(図1)し、伐期は最短だと7年ほどです。造林事業を行う際に、「産業造林連結型移住事業 (Transmigrasi HTI)」が行われることがあります。これは、産業造林での労働力を安定的に確保するために新しい村を作り労働者を集める事業です。また、「森林村落社会開発プログラム (PMDH: *Pembinaan Masyarakat Desa Hutan*)」は、全ての事業体の義務とされており、事業対象地域内の村でインフラ整備や資金・物資の提供を行い、住民の生活を支援することになっています。



図1. PT.MHPの産業造林事業地 (南スマトラ州)
インドネシアを代表する産業造林事業地の一つ
(資料: PT.MHPパンフレット (1994))

3-2 S社の産業造林事業

S社は、東カリマンタン州で産業造林を行う事業体です(図2)。同社はインドネシア国内では環境に対する配慮への関心が高い企業とされています。事業地内には三つの村があり、その一つ(M村)が、「産業造林連結型移住事業」の村で、残りの二つ(K村, B村)はもともとあった村です。事業対象面積は約24,500haですが、このうち造林不適地(湿地や急傾斜地など)、保護林(川沿いの林など)、地元住民の利用地(焼畑や果樹園など)が外され、実際の造林対象面積は約16,000haとなっています。1992年に事業が始ま

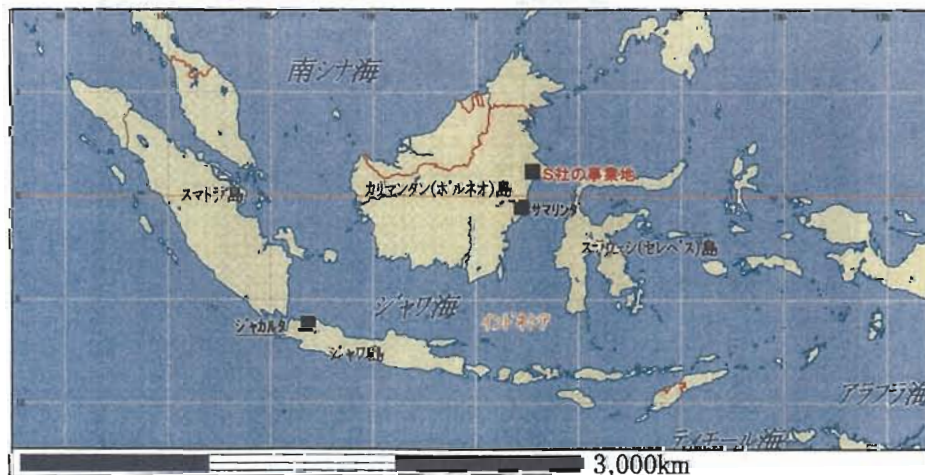


図2. S社の事業地 (資料: 筆者作成)

り、2000年までに5,473haの造林が行われました。

1995年から「産業造林連結型移住事業」が実施され、現在S社の事業地で働くのは移住村の住人です。それまでは近隣の住人が働いていましたが、今はほとんど働いていません。

S社が「森林村落社会開発プログラム」を実施しているのは、移住村（M村）のみで、残りの二つの村では早生樹苗木の供与のみ行っています（他の林業会社が支援を担当している）。この木は、大きくなったらS社が買い取ることであります。

4. 事業地の土地利用

4-1 産業造林開始前の土地利用

産業造林が始まる前の土地利用を模式的に示します（図3）。川沿いに集落があり、集落内では家庭菜園や果樹園などがあります。

集落の近隣や移動の便がよい場所、肥沃な場所に焼畑及びその休耕地があります。焼畑耕作は、通常、定まった複数の土地を循環利用します。しかし、ある耕作地が休耕期間を設けても地力が回復しない時には、ローテーションから外して長期間休ませ、その代わりに別の新しい場所を開墾します。移動の便がよいところにある焼畑跡地は、果樹園として使われることもあります。

川や湿地では、魚やエビを捕り主に自家消費しますが、他の村人やS社に売ることもあります。移動や水の便がよく比較的平らなところでは、水田耕作も行われます。

森林では、薪を集めたり猟を行うほか、ツバメの巣や沈香、ラタン、蜂蜜を採っています。薪以外の林産物は住民にとってよい現金収入源であり、特にツバメの巣は非常に高値で売買されます。



図3. 産業造林開始前の土地利用

斜体字はそれぞれの場所での生産活動を示す（資料：筆者作成）

4-2 事業開始後の土地利用

産業造林開始後、土地利用は図4のように変化しました。S社は、先述のように地域住民が利用している農用地を事業対象から外し、集落から離れた場所で植林を進めています。産業造林連結型移住事業の村も、集落から離れた森林を伐開して建設されました。



図 4. 産業造林開始後の土地利用
斜体字はそれぞれの場所での生産活動を示す（資料：筆者作成）

5. 産業造林がもたらした影響

S社の産業造林事業が既存集落（K村，B村）の住民（以下「既存集落住民」）にもたらした影響について整理します。

5-1 事業用地の確保

住民にとって最も気になるのは、事業体との土地利用の競合です。そのためS社は、既存集落住民が利用中の農用地については造林対象地から外すことにしており、この場所では、現在のところ影響はほとんど生じていません。その一方で、既存集落から離れた森林が造林され、林産物採取地並びに開墾予備地の一部が減少しました。しかし、住民があまり利用していなかった場所であったため（人口の少なさやツバメの巣採取への依存により土地需要が低かった）、現在のところ大きな影響は生じていません。とはいえ、林産物採取の動向に変化（重要な現金収入源であったツバメの巣の採取量の減少や籐の販売不振など）が見られ、換金作物（カカオや果物など）栽培への意欲も増大しているなど、将来的には土地需要が増大し、現在の利用地域だけでは不十分になることも考えられます。そうした場合、造林地は住民にとっては邪魔な存在になります。B村で一時的に行われた違法伐採はその一例でした。違法伐採の発生そのものはS社とは関係ありませんが、S社の存在によって事業地内での違法伐採対象地が限定されたため、事業地奥地での違法伐採が増大しました。

5-2 賃労働の機会

事業開始直後の1992年から1995年までは既存集落住民に労働機会が提供されましたが、1995年の移住事業開始以降その機会はほとんどなくなりました。しかし、産業造林での賃労働は、金額面での魅力が小さく、近くの木材伐採事業地でも働けることなどから、住民には特段の不满は見受けられませんでした。

5-3 住民支援プログラム

現状では、S社は既存集落住民に対して苗木を無料で供与しています。一部の住民は、販売や環境整備（被陰樹）の目的で、焼畑跡地や家庭菜園に植林しました。しかし、住民からすれば買い取り保証や技術支援が不十分なため、現在までのところ植林面積はわずかです。

5-4 移住村居住者の活動

移住村居住者は、原則として産業造林事業における賃労働で生計を維持することになっています。しかし、諸般の事情によりS社が計画通りに事業を進めることができず、賃金収入が十分ではありません。そのため、居住者は、村周辺で林産物採取や狩猟、水田の開墾（正確な面積は不明ですが200ha以上とも）を行っています。現在のところ、こうした活動は移住村周辺で行われているため、既存集落住民への影響は小さいといえます。

5-5 その他

S社は野菜や魚を地元住民から購入することもあり、一部の既存集落住民にとってはよい現金収入源となっていますが、量が少なく、影響は小さいといえます。また、産業造林事業開始以後、移住村（M村）への政策的移住が行われ、その後自発的移住も続いています。既存集落（K村、B村）への流入はありません。

6. まとめ—本研究によって得られた成果

産業造林事業による影響は、事業の実施方法とそれを受け止める地域の社会経済状況や自然環境条件の相互作用（「社会文化生態力学」の相互作用）の結果として現れることが整理されました。そのため以下のようなことが指摘できます。

- a) 事業の実施方法が同じでも、地域の状況が違えば影響の現れ方も異なる（例えば、調査地よりも焼畑利用面積が多いところでは、住民と事業との土地を巡る争いが深刻な問題となるなど）。
- b) 時間の経過とともに地域の状況が変化すれば影響の内容も変化する（例えば、交通の

便がよくなり販売目的の果樹栽培面積が拡大して土地需要が増大し、土地利用の調停が難しくなるなど）。

c) 資源利用の持続性への影響など、ある程度の時間をおいて現れる（例えば、林産物採取場所が限定されることで資源の減少が速まるなど）。

そのため、影響の把握・予測のためには、森林や土地利用形態などの直接事業と関係することだけではなく、社会構造や周辺地域の経済状況、自然状況なども調査し、地域住民の生活の「リアリティ」（「社会文化生態力学的相関関係」）を把握することが重要です。さらに、「リアリティ」を事前に把握しつくすことの難しさと地域社会が変化を続けていることも考え合わせると、社会経済学的調査を定期的に、あるいは何か大きな社会変化や自然災害が発生したさいには随時行い、常に影響の現状を把握するように努めることが必要です。

なお、本研究は環境総合推進費プロジェクト（環境省）「K-1 陸域生態系の吸収源機能評価に関する研究」により実施しました。

森林総合研究所の研究と京都議定書

天野 正博（森林管理研究領域 領域長）

1997年12月に開催された気候変動枠組条約（UNFCCC）の第3回締約国会議（COP3）において京都議定書が採択され、我が国は第一約束期間（2008～2012年）における温暖化ガス排出量を1990年に比べ6%削減することを約束した。京都議定書には森林などの大気中のCO₂吸収源による炭素吸収分を、削減目標から差し引いてよいことが書き込まれている。具体的には、3条3項における1990年以降の新規植林、再植林、森林減少と、3条4項における90年以降の森林管理による炭素収支の増加分を、6%の温暖化ガス削減目標から差し引くことにより、我が国の削減すべき量を吸収量分だけ少なくすることができる。2002年3月に決定された地球温暖化対策推進大綱では、森林が1990年の我が国の排出量に対し3.9%程度の炭素吸収量を確保する目標に設定している。COP3以降、京都議定書吸収源の運用方法について様々な議論がなされ、2001年のCOP7で京都議定書が吸収源として認める森林の取り扱い方法とUNFCCCへの報告様式が、ほぼ明らかになった。しかし、要求されている森林の炭素吸収量の計測や評価には従来の行政データでは対応できない部分が多く、新たな科学的知見が要求されている。そこで、森林総研では吸収源をめぐる国際交渉の動きを考慮しつつ、研究分野に求められている課題に対応してきているので、その概要について報告する。

1. 3条3項の対象となる1990年以降の新規植林（A）、再植林（R）、森林減少（D）を抽出する技術

3条3項で求められている1990年以降の新規植林、再植林、森林減少を抽出するための手法として、衛星データが有効と考えられている。しかし、一部の県で試行を行ったところ、Dの箇所についてはある程度の把握が可能であるが、A及

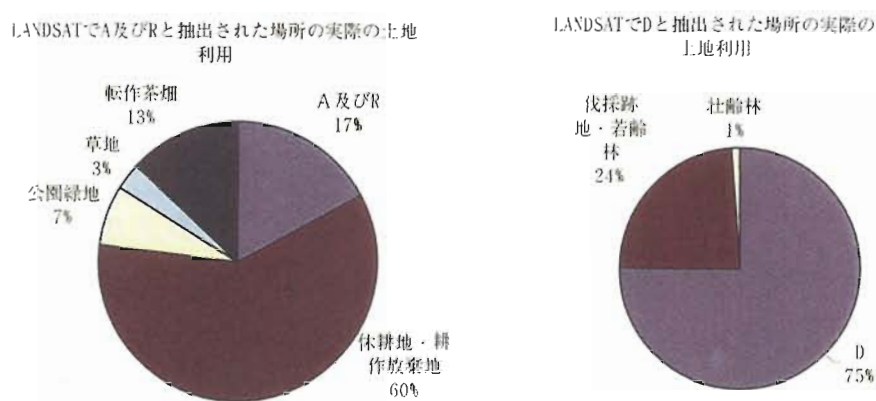


図1. LANDSAT TMによるAR及びD抽出の試行結果
（資料：堀，林（日本林業技術協会），天野，松本（森林総研））

びRについては望ましい結果は得られていない。これは、90年以降に植栽されたような若齢林では、反射スペクトルが他の緑地と区分しにくいためと思われる。そこで、衛星データ以外の情報も付加してA及びRの抽出が可能かどうか検討を始めた（図1）。

2. 3条4項の対象となる1990年以降の森林管理された森林の抽出に関する技術

下刈りや枝打ち、間伐といった森林管理活動は林相の変化が乏しいため、航空写真や衛星データでは判読しづらいことから、森林簿や行政情報と現地調査を組合せて推定することを検討している。

3. 樹木の幹材積からバイオマス量、炭素量へ変換するパラメータの取得

森林の幹材積から炭素吸収量を推定している現行のパラメータは、過去に発表された一部の文献数値を引用し、針葉樹、広葉樹という大まかな区分で適用しているが、実際には樹種、林齢により異なっている。また、採集したサンプル間ではかなりのバラツキも持っている。UNFCCCに報告する際には、統計でいう95%信頼限界の下限值を用いる可能性があるため、データの信頼性を高める必要がある。そこで、第一約束期間における吸収量の評価では、幹材積からバイオマス容積量への換算パラメータである拡大係数（図2）や、バイオマス容積量から乾燥重量への換算パラメータ容積密度（図3）についても、樹種、林齢別の詳細なパラメータを用意するとともに、3条4項対象林分の中心となる人工林について、固定プロットを設定し透明かつ検証可能な形でデータ収集を行っている。

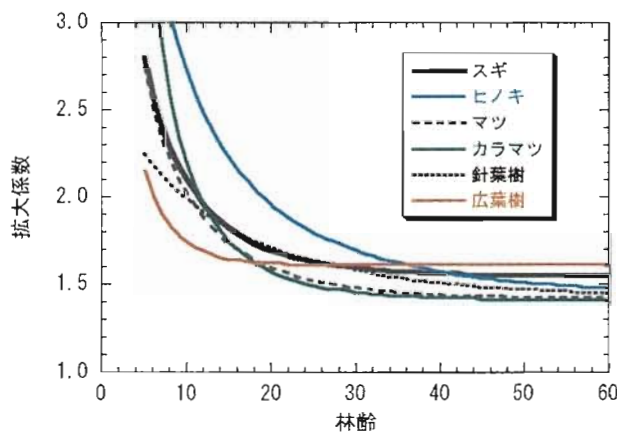


図2. 幹材積から枝、葉、根を加えたバイオマス量に換算する係数の樹種別、林齢別の違い
（資料：福田，家原，松本（森林総研））

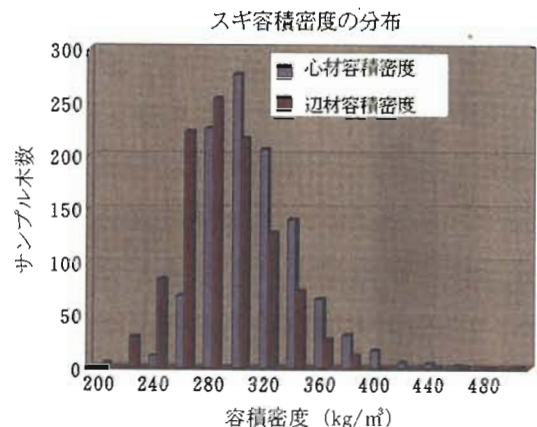


図3. バイオマス量から炭素量に換算するスギ容積密度のバラツキ
平川泰彦（森林総研），藤澤義武，中田了五（林木育種センター），山下香菜（森林総研）作成

4. リモートセンシングによるバイオマス量評価技術

我が国は吸収量の評価に森林簿を中心とした行政データを用いる予定である。それらのデータの正確さを検証するためのクロスチェック手法として、レーザープロファイラーによるバイオマス量計測手法の開発を進めている。

5. 森林土壌中の炭素変動量の評価手法

6. 森林土壌から排出されるCO₂以外の温暖化ガスの評価手法

7. モデルによる森林生態系の炭素収支の評価

8. フルカーボンアカウンティングに備えた炭素フラックスの計測

9. 木材の炭素貯蔵効果の評価手法

3条4項に木材が貯蔵する炭素も含めようという主張がニュージーランドなどからあり、第二約束期間に向けて検討が始まっている。木材を京都議定書の吸収源として加えた場合に我が国の得られる炭素吸収量を推定するためのモデル開発を行うとともに、算定方法によって吸収量の値が大きく異なるので、方法の違いによる我が国への影響についても調べている。

10. 森林資源に関する行政情報の精度向上技術と統計的誤差の把握

UNFCCCに報告された数値はレビューチームによって評価されることが京都議定書8条で決められており、報告数値の透明性と検証性が要求されている。このため、森林簿の面積、蓄積といった森林のバイオマス量を算出するのに不可欠な因子について、補足調査を伴う精度推定方法を検討している。

11. 政策シナリオに応じた第一約束期間における3条3項、4項森林の炭素吸収量の予測

3条3項での炭素収支算定の基礎となる、1990年以降の転入、転出面積の変動や、3条4項で対象となる90年以降に森林管理としての人為活動が加えられた森林面積の変動は、森林・林業政策によって大きく変化する。そこで、地球温暖化対策推進大綱で計画されている3.9%の炭素吸収を確保するために、どのような森林・林業政策が必要かを事前に把握するため、我が国の森林による炭素の収支バランスを様々な政策シナリオに基づいて予測できるシステムの開発を進めている。

12. クリーン開発メカニズム(CDM)による新規植林、再植林が吸収する炭素量の評価

京都議定書12条の吸収源CDMについては、90年排出量の1%まで炭素吸収量として認められることがCOP7で決まっている。しかし、CDMにはベースライン、リーケージ、炭素吸収量の算出方法、森林の炭素貯蔵の持続期間といった、今後の交渉での合意が必要な問題がいくつか残っている。これらの問題の解決策を提案するため、東南アジアを中心にベースライン算出や、リーケージ評価に必要なデータの収集にあたっている。

メモ

This image shows a single page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper appears slightly aged or off-white. There is no handwriting or other markings on the page.

平成14年度

独立行政法人 森林総合研究所

研究成果発表会 講演要旨集

平成14年10月21日発行

編集・発行

独立行政法人 森林総合研究所

企画調整部 研究情報科 広報係

〒305-8687 茨城県稲敷郡基崎町松の里 1 番地

Tel. 0298-73-3211 Fax. 0298-74-8507

E-mail : kouho@ffpri.affrc.go.jp

URL <http://www.ffpri.affrc.go.jp/>