

## B-60 京都議定書吸収源としての森林機能評価に関する研究

(1) 森林の炭素吸収量計測システム・評価モデルの開発

2) 森林バイオマスの炭素吸収量評価モデルの開発

## 独立行政法人森林総合研究所

温暖化対応推進領域	温暖化対応推進室	松本光朗
九州支所	森林資源管理研究グループ	鹿又秀聡
企画部	上席研究員	杉村 乾

平成14～18年度合計予算額 37,357千円  
 (うち、平成18年度予算額 8,055千円)

※上記の予算額には、間接経費 8,557千円を含む

[要旨] 京都議定書報告のため、要件の分析に基づき、森林の定義、3条3項ARDの算定・特定手法、3条4項森林管理の算定・特定手法の開発を行い、これらの個別技術を統合し森林吸収量推定モデルを開発した。まず、森林の数値的定義として、最低樹高を5m、最低樹冠被覆率を30%、最低面積を0.3ha、最小幅を20mとするとともに、算定の作業としては森林計画対象森林を算定対象として取扱い、定義と算定対象の差異はわずかであるため不確実性の中で処理することが適切であることを示した。3条3項ARDの算定・特定手法としては、中解像度衛星画像(LandsatTM)の差分による方法では十分な精度の抽出には至らなかったため、空中写真オルソフォトと高解像度衛星画像(SPOT)上で500mのグリッドによる判読によりARD面積の推定をする手法を開発し、その実行可能性を示した。吸収量の推定手法として、森林簿を持つ我が国においては蓄積変化法を用いること適切であることを示すとともに、3条4項森林経営の算定・特定手法については、3条4項に対応する森林の率であるFM率を用いた吸収量推定手法を開発するとともに、そのFM率を推定する方法として施業履歴に関するサンプリング調査を提案した。この方法を、愛媛県を対象として吸収量の推定を試みたところ、2005年における愛媛県の全林分の炭素吸収量は34.3万t-C/yr、3条4項森林経営による炭素吸収量は16.7万t-C/yrと推定され、この手法の実行可能性を示した。これらの個別手法や本プロジェクトで開発された手法を統合し、森林吸収量推定モデルを開発した。

[キーワード] 森林吸収源、京都議定書、マラケシュ合意、ARD、森林経営

## 1. はじめに

京都議定書において曖昧であった森林炭素吸収量の取り扱いについては、その後のマラケシュ合意<sup>1)</sup>によって具体的なものとなり、さらにはIPCC グッド・プラクティス・ガイドンス<sup>2)</sup>(以下、GPGと表す)によって算定・報告の手法が示された。各国はそれぞれ異なった森林植生や社会経済的、歴史的な背景をもつことから、示されたルールや手法に沿いながらも、各国の実態をふまえた現実的な算定・報告手法、さらにその実施体制を確立することになる。また、マラケシュ合意ではカナダ、ロシアと並んで大きな3条4項の利用枠を得たことから、その算定手法を世界が注目

している。このような中、我が国は森林・林業の長い歴史と共に、森林に関わる情報管理においても森林簿という世界的にも希な詳細な情報を保有するという背景と実態をふまえながら、京都議定書報告に係わる現実的な算定・報告手法を確立する必要がある。

## 2. 研究目的

マラケシュ合意、IPCC GPGなど、京都議定書に関わる文書の分析をふまえると、京都議定書報告に基づく森林吸収量の報告においては、(1) 森林の定義、(2) 3条3項ARD、3条4項森林経営に対応した土地の特定手法と算定手法、(3) 森林の排出・吸収量の正確な算定手法、(4) 不確実性評価、検証、不確実性低減方策などのQA/QC、(5) 上記必要事項を網羅した算定・報告システムの開発、が求められていることが分かる。

本課題では、これらの要件をふまえて個々の手法を開発するとともに、これらの個別技術を統合した算定・報告システムとして、森林バイオマスの炭素吸収量評価モデルを開発することを目的とした。

## 3. 研究方法

(1) 算定・報告の全体像と、我が国が算定・報告の基礎とすべき森林情報について検討した。

(2) 森林の定義について、マラケシュ合意、GPG、我が国の森林および森林情報の実態をふまえて、我が国で取るべき閾値と報告手法を検討した。

(3) 森林吸収量の算定手法について、我が国の森林情報の実態をふまえて選択し、我が国での適用手法を検討した。

(4) 3条3項ARD(新規造林・再造林・森林減少)の算定・特定手法について、Landsat TMと補正係数を用いた方法と、土地利用システムティック・サンプリングによるものを比較し、我が国の算定・報告手法として適切な手法を検討した。

(5) 3条4項森林経営の算定・特定手法については、該当森林である比率(FM率)を用いる方法に注目し、我が国の算定・報告手法として適切な手法を検討した。

(6) 愛媛県を対象に算定手法を適用し、森林吸収量と3条4項森林経営による吸収量を推定し、手法の適用可能性を検討した。

(7) 上記の手法を統合し、森林吸収量推定モデルを開発した。

## 4. 結果・考察

### (1) 算定・報告の全体像と森林情報

GPGは、森林の炭素量算定式として、森林資源調査による材積を基礎とした方法を示している。これは、算定の実行可能性や算定値の透明性を考慮すれば、すでにそれぞれの国で行われている森林資源調査を用いることが現実的であるという判断に基づくものと考えて良い。

我が国の森林資源調査は大きく分けて2つあり、ひとつは森林計画制度に基づく森林簿と森林計画図を基礎とするもので、すでに数十年の長い歴史を持つ。もうひとつは1999年より始められた森林資源モニタリング調査である。これはサンプリング調査による資源調査であり、世界的に森林資源調査の主流となっている手法である。これらのうち、京都議定書報告のための森林資源調査として、いずれの調査に基づくものとするのが問題となる。

京都議定書は3条3項及び4項の土地の特定を求めており、また我が国としては3条4項として森林経営を選択することを考えれば、その対応のためには地理データと関連を持った林分ごとの属性情報を用いることが効率的である。森林簿と森林計画図といった我が国の森林計画制度に基づく行政情報は、まさにそれに適合した属性情報と地理情報の組み合わせと言えよう。また、森林計画制度上の既存情報や組織を用いることから、情報収集や集計システムの構築などに大きな負担はかからないという利点もある。その一方、森林簿の悉皆的な積み上げによる資源調査は世界的には一般的ではなく、国際的な理解を得にくいのではないかという恐れがある。

森林資源モニタリング調査は世界的に主流であるサンプリングによる調査手法であり、国際的な理解は得やすいだろう。しかし、開始からまだ日が浅く、現状では調査が二巡目に入ったところであるため、2時点の比較による成長量の把握は行うことができず、現時点では算定・報告手法の構築や、目標達成に向けた森林吸収量の施策を検討する上で問題が大きい。

このような議論から、森林の排出・吸収量算定の基礎となる森林資源調査を、森林簿と森林計画図に求めることが適切と考えられた。しかしながら、GPGは算定値のみならず、不確実性評価や検証、QA/QCによりその値の確からしさを示すことを求めている。そのため、算定・報告の全体像として、森林簿と森林計画図といった行政情報を算定の核としながらも、その中の林分構造に関する情報を森林資源モニタリング調査や新たな林分調査により検証し、地理情報に関する情報をオルソフォトや衛星情報などにより検証する、といった複数の情報を統合した構造を考案した(図1)。先にも触れたように、世界的には少数派である我が国の森林簿による森林資源調査は国際的な理解を得にくいという恐れがあるが、この方法によれば、算定システムの中にサンプリング調査である森林資源モニタリング調査が組み入れられていることで、国際的な理解が得やすくなるとともに、我が国の算定・報告体制の信頼性が向上することが期待できる。

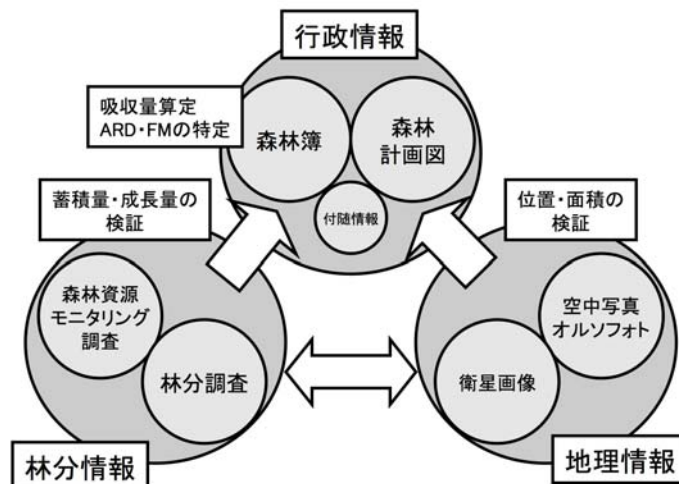


図1 森林吸収源に係わる算定・報告の全体像

## (2) 森林の定義

森林の数値的定義については、我が国の森林の現状や既存の各種統計データとの整合性を取ることが重要である。最低樹高については、我が国の森林のほとんどは成熟時に十分な高木になる

ことから、マラケシュ合意で示された範囲の最大値である5mとすることが適切である。亜高山帯においてはハイマツのように5mに達しない森林もあるが、森林簿を用いれば排除することができる。また、最低樹冠被覆率については森林法の定義との整合性から30%とすること、最低面積については森林計画制度との整合性から0.3haとすること、最小幅については林道の設置が森林減少となることのないように20mとすることが適切である。

さて、このような森林の定義の見地からすれば、森林法第5条（私有林）及び7条の2（国有林）に基づく森林計画対象森林（これを5条森林と呼ぶ）は最低面積に関する定義がありマラケシュ合意の森林の定義に近く情報も豊富であるが、その反面、最低樹高や最低樹冠被覆率、最小幅の規定はなく、森林の数値的定義とは必ずしも整合しない。そこで、TM画像による土地利用区分、オルソフォトでの500mグリッドのサンプリングによる土地利用判読、さらにオルソフォト上での林班界の判読による森林面積と、5条森林面積との比較を行い、その結果を表1に示した。これらの結果からは、他の方法で得られた森林面積と森林簿における5条森林の面積の差異は3.9～6.2%と十分に小さいものと考えられ、森林面積の不確実性として処理可能なものと考えられた。

このことから、条約報告及び議定書報告においては、森林の数値的定義を決定した後、同定義に基づいて森林とされる土地と5条森林との差異を示して、現実的な対応として我が国の5条森林（つまり、計画対象の5条森林及び7条の2森林）の統計値、観測値等を、森林として用いることを説明することが適切であると考えられた。

表1 森林簿における5条森林の森林面積と他の方法で得られた森林面積の比較

比較対象	対象地	誤差率	備考
LandsatTMで抽出された 2条森林	熊本県	12.8%	森林域の抽出結果に 問題有り
	岐阜県	3.9%	
	島根県	4.9%	
オルソフォト上での 500mグリッドによる判 読による森林	熊本県	6.2%	
オルソフォト上に記入 した林班界による面積	全国	5.9%	全国3000林班での調 査結果

### （3）森林による排出・吸収量の算定式

GPGでは、森林の生体バイオマスの炭素蓄積変化量の算定方法として、デフォルト法と蓄積変化法の2つの方法を示している。デフォルト法は成長による吸収から伐採や自然攪乱による排出を差し引いて算出する方法であり、蓄積変化法は2時点における調査を基に蓄積の変化を排出・吸収量として算出する方法である。いずれの方法においても、伐採等により林外に持ち出されれば、その時点で排出となる。

デフォルト法においては排出量推定のための伐採量の正確な把握が難しく、面積の単位として林分レベルでは不可能であり、少なくとも伐採量統計のある都道府県レベル以上でないと算定できないといった問題がある。一方、蓄積変化法は伐採量に関する情報を必要とせず、概ね森林簿だけで算定が完結し、林分レベルから国レベルまで一貫した方法で推定できるという利点を持つ。

先に議論したとおり、森林の排出・吸収量算定においては森林簿を基礎とするので、伐採の反映や推定精度の向上策を進めることを前提として、蓄積変化法を用いることが適当と考えられた。

GPGによれば蓄積変化法は(1)式のように表すことができる。

$$\Delta C_{LB} = \sum_k (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)_k \quad (1)$$

ここで、 $\Delta C_{LB}$ ：生体バイオマスの炭素蓄積変化量 (t-C/yr)、 $t_1$ 、 $t_2$ ：炭素蓄積量を調査した時点、 $C_{t_1}$ ：調査時点 $t_1$ における炭素蓄積量 (t-C)、 $C_{t_2}$ ：調査時点 $t_2$ における炭素蓄積量 (t-C)、 $k$ ：管理施業タイプ。

(1)式において、 $\Delta C_{LB}$ の生体バイオマスの炭素蓄積変化量は、プラスであれば吸収、マイナスであれば排出となる。

(1)式の生体バイオマスの炭素蓄積量は、GPGに示されている(2)式を用いて森林の材積量から算定することができる。

$$C_j = [V_j \cdot D_j \cdot BEF_j] \cdot (1 + R_j) \cdot CF \quad (2)$$

ここで、 $C$ ：生体バイオマスの炭素蓄積量 (t-C)、 $V$ ：材積 ( $m^3$ )、 $D$ ：容積密度 (t-dm/ $m^3$ )、 $BEF$ ：バイオマス拡大係数、 $R$ ：地上部に対する地下部の比率、 $CF$ ：炭素含有率 (=0.5[t-C/t-dm])、 $j$ ：樹種。

森林総合研究所は、(2)式のパラメータである容積密度 ( $D$ )、拡大係数 ( $BEF$ )、地上部に対する地下部の比率 ( $R$ ) の調査を行っており、条約に基づくインベントリ報告書<sup>3)</sup>はそれらをもとに得られた表を掲載している (表2)。

表2 吸収量算定に係わるパラメーター一覧

樹種	拡大係数(BEF)		地下部比(R)	容積密度(D)	
	20年生以下	20年生以上			
人工林	スギ	1.57	1.23	0.25	0.314
	ヒノキ	1.55	1.24	0.26	0.407
	マツ類	1.63	1.23	0.27	0.416
	針葉樹 カラマツ	1.50	1.15	0.29	0.404
	トドマツ	1.88	1.38	0.21	0.319
	エゾマツ	2.15	1.65	0.21	0.363
	その他	1.80	1.36	0.30	0.416
	クヌギ	1.36	1.33	0.25	0.668
	広葉樹 ナラ類	1.40	1.26	0.25	0.619
	その他	1.43	1.27	0.25	0.587
天然林	針葉樹	1.81	1.32	0.26	0.381
	広葉樹	1.41	1.27	0.25	0.601

注：インベントリ報告書<sup>3)</sup>の表を集約した

#### (4) 3条3項ARD対象地の特定・算定手法

3条3項ARD（新規植林・再植林・森林減少）は森林と非森林の間の土地利用の変化のため、森林のみを対象とした現状の森林簿だけでは捕捉できないことは明らかである。そこで、画像を利用した2つのARD推定手法について比較・検討した。

まず、Landsat TMではDと林業的な伐採・更新が誤判別されることから、地域別にサンプリングして被覆変化に対する真のDの比率を調べ、それを画像の差分から得られた見かけのDの面積に乘ずることで補正するという手法（以下、TM差分補正法と略称する）を検討した。次にオルソフォトなどで等間隔の点の土地利用を判読し、その変化を調べることによりARDを把握する、システムティック・サンプリングによる土地利用変化調査手法（以下、SS法と略称する）を検討した。これらのARD推定手法について、熊本県をフィールドとして実行可能性を調べた。

##### 1) TM差分抽出と補正によるARD推定手法（TM差分補正法）の適用

熊本県を対象に、図2に示した手順でTM差分補正法による推定を行った。まず1989年と2005年の2時期のTM画像の差分を抽出して見かけのARD面積を算出し、次に一部の地域で1989年時点の空中写真（オルソフォト）と2007年のSPOT画像を用いてAR、Dを判読して、それらの発生面積を算出する。これらのAR、D面積の比を取って補正係数とし、最終的にTMの差分で得られた対象面積全体の見かけのAR、D面積に、補正係数を乗じ、真のAR、D面積とするというものである。

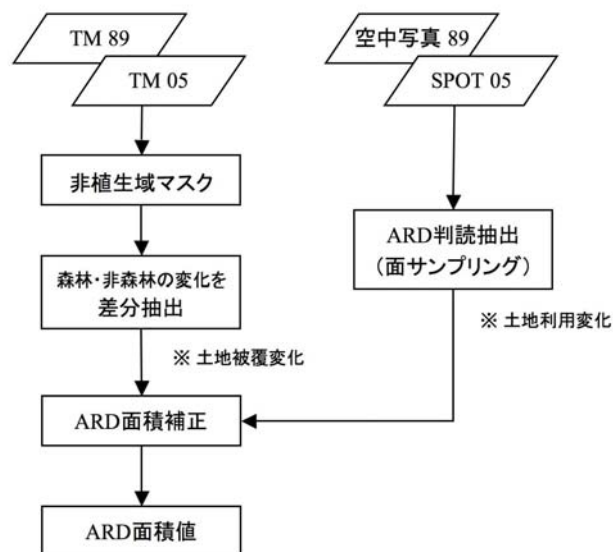


図2 TM差分抽出と補正によるARD推定手法のフロー

図2の手順で、ステップごとの観測値、算出値を示したのが図3である。TMからの差分抽出結果からは熊本県全体のARの発生率は13.7%、Dの発生率は9.5%であった。それに対し、判読の結果では、対象地域のTM差分によるAR面積は8117haに対しわずかに11.9haであり、ARの補正係数は0.0015となった。D面積について同様な操作をしたところ、TM差分抽出によるD面積が5753haであったのに対し、写真判読では449.5haであり、Dの補正係数は0.0781であった。これらの補

正係数を適用し、2時点の画像間16年のAR発生率は0.020%、D発生率は0.74%と推定した。

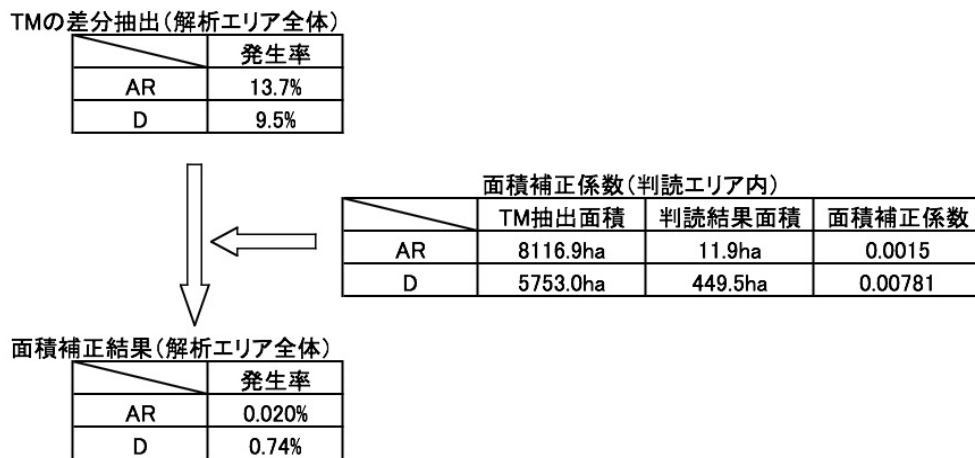


図3 補正係数を適用したARD面積の推定

## 2) システマティック・サンプリングによる土地利用調査手法 (SS法) の適用

1989年の空中写真(オルソフォト)と2005年のSPOT画像上に、500mグリッドでサンプリングポイントを落とし、その土地利用を判読した。図4で示したように、2時点の土地利用の変化から、AR(非森林から森林への移動)、D(森林から非森林への移動)を把握できる。熊本県を対象このポイント数を集計したところ、16年間のAR発生率は0.081%、D発生率は0.96%であった。

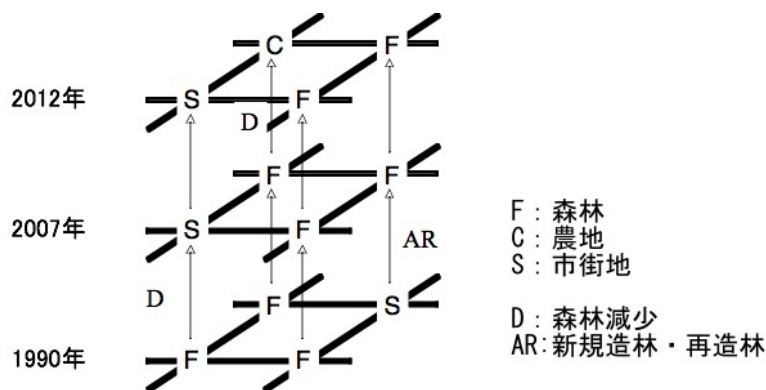


図4 システマティック・サンプリングによる土地利用調査手法の概念図

## 3) ARD推定手法の比較と考察

以上のTM差分補正法とSS法から得られたARD面積の推定値と、比較のために行政情報(農林業センサス2000、転用面積)から得られたD面積をまとめて表3とした。

AR発生率においては、TM差分補正法では0.020%と、SS法では0.081%と差が現れたが、いずれにしても発生率は0.1%にも満たない小さな数字であることは明らかとなった。TM差分補正法では補正係数が0.0015と極めて小さく、補正係数を用いる手法は方法論として適切ではないものと考えられた。一方、SS法では、熊本県全体29,620点に対し、ARが20点程度把握できたことから、この

500mグリッドのサンプリングが適当な間隔であると考えられた。

表3 ARD推定値の比較

	TM差分補正法	SS法	参考値 行政情報
AR	0.02%	0.08%	-
D	0.74%	0.96%	0.55%

注) TM差分補正法：TM差分抽出と補正によるARD推定手法

SS法：システムティック・サンプリングによる土地利用調査手法

行政情報：農林業センサス2000の転用面積を、比較のため16年間の値に換算した。

D発生率においては、TM差分補正法では0.74%と、SS法では0.96%と非常に近い値となった。行政情報では0.55%であり、いずれの手法よりも小さかったが、行政情報では1.0h未満の開発や、計画対象外での開発は計上されていないことが理由だと考えられた。SS法では、熊本県全体で落とされるサンプリングポイントが29,620点に対し、237点のDが把握できたことから、500mグリッドのサンプリングであれば十分にDを把握できるものと考えられた。

以上の結果から、TM差分補正法は土地利用変化を伴わない土地被覆の変化を過大に把握する傾向があり、特にARの発生率が低く、伐採後にも容易に被覆が回復する我が国の特徴を考えると、我が国には向かないと考えられた。一方、SS法では、500mのグリッドであれば都道府県ごとのARD面積の推定をすることができ、IPCC GPGで示されている報告手法1による報告が可能となる。このことから、我が国のARD把握手法として最適な方法であると考えられた。ちなみに、TM差分抽出・補正による手法についても、一部の地域における検証手法としては十分に利用可能であると考えられた。

その一方、新しい方法を導入するばかりでなく、森林簿の管理方法の改善により対応できることもある。現状の森林簿では把握できないARDについて、土地の転入・転出を別帳簿で管理できれば、ARDの把握は難しくない。この方法はすでに発生してしまったARDをさかのぼって調べることは困難だが、これから発生するARDについては現実的な方法である。

#### (5) 3条4項森林経営対象森林の特定・算定手法

##### 1) 定義

3条4項森林経営を選択するには、まず森林経営活動の定義をする必要がある。マラケシュ合意やGPGをふまえるとともに、我が国の森林の現況やこれまでの温暖化施策や森林整備施策との整合性を考慮して、我が国においては森林経営活動を以下のように定義することが適切であると考えられた。なお、育成林とは人為によって森林管理が行われている人工林の大部分、天然林の一部を指す。天然生林は人為的な管理が行われていない森林である。

○育成林については森林を適切な状態に保つために1990年以降に行われる森林施業（更新（地拵え、地表かきおこし、植栽等）、保育（下刈り、除伐等）、間伐、主伐）。

○天然生林については、法令等に基づく伐採・転用規制等の保護・保全措置。



この定義に該当する森林の吸収量が、3条4項森林経営における吸収量となる。したがって、この森林経営活動の定義に合わせて、この3条4項林の吸収量を推定する手法を開発する必要があり、次のような検討を行った。

## 2) 森林簿と施業履歴の突合による方法

まず、森林簿と施業履歴データを用い、林小班名を用いた突合によりFM林を抽出し、その吸収量を算定するという方法を検討した。1990年以前からの施業履歴が保存されている北海道浦幌町の民有林について突合を試みた結果、突合は適切に実行され、その突合結果を地図として表示することができた。

この方法が他の都道府県にも適応可能かを判断するため、各都道府県の施業履歴の管理状況を調べたところ、1990年までの施業履歴を保持しているのは、北海道、秋田県、東京都、岐阜県、徳島県など、わずかな自治体にとどまることが分かった。さらに、施業履歴データを保持している県においても、保存されているデータが特定の補助事業のものにとどまる場合があること、補助事業記録には代表小班名だけが記載されている場合があること、小班名が変更された場合があることなどにより、必ずしも森林経営活動全体を網羅するものではないことが分かった。

このように、森林簿と施業履歴の突合による方法は、データの突合という技術的な問題ではなく、利用可能な情報の問題から、全国を網羅的に森林簿と施業履歴との突合により森林経営林を抽出し、吸収量を算定することは不可能であることが分かった。

## 3) 3条4項森林経営対象森林の割合による方法

突合による方法が適用不可能であることから、全林分に対する3条4項森林経営林の面積割合（これをFM率と呼ぶ）を算出し、全林分の吸収量にそのFM率を乗ずることによりFM林による吸収量を算定するという手法を考案した。FM率は(3)式のように表される。

$$FMR_{ij} = \frac{FMA_{ij}}{A_{ij}} \quad (3)$$

ここで、FMR：FM率、FMA：3条4項林面積、A：森林面積、i：樹種の区分、j：齢級の区分。

このFM率の算出方法については、先の森林簿と施業履歴の突合による方法も考えられたが、客観性や全国の網羅性を考慮し、全国を対象としたサンプル調査結果を利用する方法を考案した。

このサンプル調査は、2003年度から3年間、林野庁の森林吸収源データ緊急整備事業の中で行われたもので、民有林の森林簿の精度を調べるとともに、収穫予想表の改善に必要なデータを収集することを主な目的としたものである。調査対象の林種は原則として人工林のうち育成単層林であり、樹種はそれぞれの都道府県で重要と思われる樹種をおおむね2樹種選択した。調査対象小班は、齢級による層化を行った上で、対象樹種の育成単層林から所定の箇所数を森林簿上で無作為に抽出した。調査内容は、林小班番号、樹種、林齢、地位、蓄積などの森林簿の記載事項と、標準地内の3cm以上の高木性樹種について、樹種、胸高直径、樹高、被害の有無等の毎木調査であ

る。また、林齢の査定と1990年以降の施業履歴について、現地の状況、森林簿の記載内容、補助事業の記録および所有者からの聞き取り結果を総合的に勘案して記入した。その調査の結果、有効調査箇所数は17,390箇所（有効率97%）となり、スギ、ヒノキ、カラマツについて齢級別にFM率を算出したところ、図5のようにまとめられた。

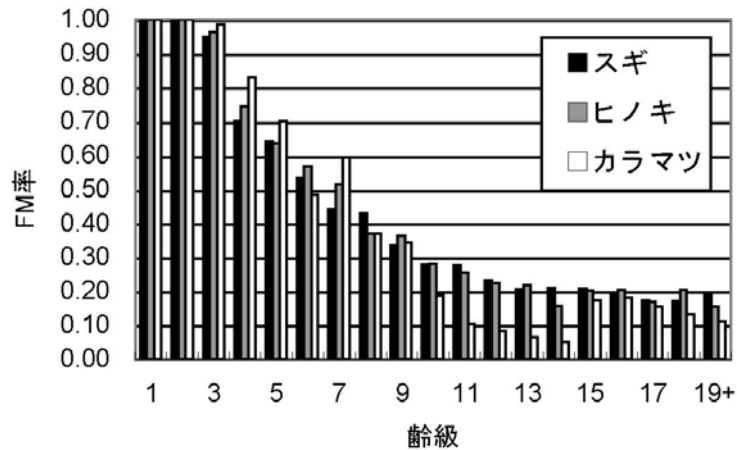


図5 サンプル調査による3条4項森林経営林の面積割合（FM率）

ここで、FM率の適用方法についても考慮する必要がある。先に示したように、森林経営活動は育成林と天然生林で定義が異なる。そのため、表4のように森林を林相と管理形態により4つに層化し、それぞれに定義に沿ったFM率を適用する方法が現実的である。

表4 森林の層化とFM率の適用

	普通林	制限林
育成林	樹種、齢級ごとに算出されたFM率を適用	
天然生林	FM率 = 0	FM率 = 1

手順としては、(4)式で表されるように、森林簿情報を用いて個々の林分の吸収量を層化区分ごとに足し上げたのち、層化区分それぞれの計に対応したFM率を乗ずることにより3条4項対象林の吸収量を推定する。ちなみに、図3に示されたFM率は、表2の育成林に適用するものである。

$$\Delta C_{FM} = \sum_{ijk} FMR_{ijk} \cdot \Delta C_{ijk} \quad (4)$$

ここで、 $\Delta C_{FM}$  : 3条4項による炭素蓄積変化量 (t-C/yr)、 $\Delta C$  : 炭素蓄積変化量 (t-C/yr)、FMR : FM率、i : 樹種の区分、j : 齢級の区分、k : 層化区分。

さて、FM率は固定されたものではなく、齢級が進むにつれ、間伐施策が進むにつれ変化する。

したがって、この手法を適用する場合、先に行われた調査だけではなく、第一約束期間の終わりにも同じサンプルを継続調査する必要がある。

## (6) 森林吸収量および3条4項森林経営による吸収量の推定

### 1) 森林簿の更新の実態と対処

すでに議論したように、吸収量算定においては森林計画対象森林を対象とし、算定には森林簿を用いることが適当である。しかしながら、森林簿の管理は都道府県により差異がある。そこで、蓄積変化法を用いる時に問題となる森林簿の更新方法について、各都道府県の実態を調査した。

まず、森林簿のデータ更新について、林齢の更新と伐採の更新に注目して調査したところ、以下のような結果となった。

タイプ1：林齢と伐採を毎年更新：19県

タイプ2：林齢は毎年、伐採を5年ごとに更新：13県

タイプ3：林齢も伐採も5年ごとに更新：15県

森林計画制度においては、森林簿の更新は地域森林計画の編成に合わせて5年ごとに行われることになっているが、近年のデータベースやGISの導入により迅速化が進み、林齢・伐採ともに毎年更新しているタイプ1が19県と多かった。また、現地調査のともなう伐採の更新までは至らないが、森林簿の林齢とそれによる蓄積量を毎年更新しているタイプ2が13県あった。タイプ2は伐採が5年に1度まとめて出現することになり、毎年の吸収量推定には誤差をもたらすが、京都議定書第1約束期間の5年間では適切な推定値が得られる。タイプ3は毎年の吸収量推定は不可能であり、5年間の推定値のみが得られる。

京都議定書報告では、毎年の暫定報告と、約束期間後に5年間をまとめた正式な報告を提出することになっている。上記のいずれのタイプにおいても、約束期間の5年間について蓄積変化法を適用できるが、毎年の報告についてはタイプ別に対処が異なる。まず、タイプ1の森林簿はそのまま蓄積変化法を適用できる。タイプ2も蓄積変化法は適用可能だが、伐採が5年に1度まとめて出現するため、毎年の吸収量推定には誤差をもたらす。しかし、毎年の暫定報告としては十分であろう。タイプ3においては更新されるまで蓄積量が同じなので、蓄積変化法を適用しても、その間成長量は0であり、毎年報告には適さない。そのため、タイプ3の場合は、いったん森林簿の林齢を進めて、その林齢と成長曲線から蓄積を推定してタイプ2と同等な森林簿とし、その後に蓄積変化法を適用することが適切である。

### 2) 蓄積変化法の適用方法

森林簿は小班単位で情報を保持しているが、小班名は変更されることがあるため、個別小班単位で蓄積変化法を適用することは危険がある。しかし、報告の単位である都道府県において林種・樹種・林齢別に蓄積量を集計することは問題なく、その蓄積について蓄積変化法を適用することが適切である。

林種・樹種・林齢別に集計された蓄積量を用い毎年の蓄積変化を算出するには、X年のt年生の蓄積と、X+1年のt+1年生の蓄積の変化を取る必要があることに注意が必要である。また、3条4

項森林経営による吸収量推定は、蓄積変化法を用いて林種・樹種・齢級別の吸収量を推定した後、樹種・齢級別のFM率を適用することにより推定される。この手順を図6に示した。

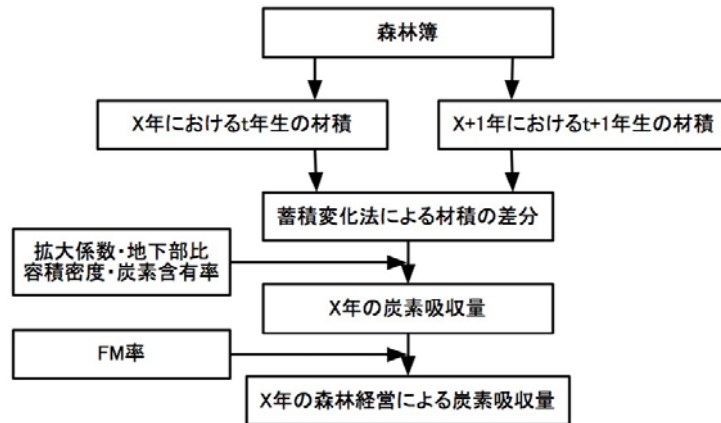


図6 蓄積変化法を用いた吸収量推定のフロー

### 3) 愛媛県における吸収量推定

上記の手法を愛媛県に適用し、森林吸収量と3条4項森林経営による吸収量を試算した。愛媛県は林齢・伐採ともに毎年森林簿を更新していることと、2005年と2006年のデータ整備が比較的早く完了していたこと、本プロジェクトの課題間の比較がしやすいことから試算の対象として選定した。

図6のフローにしたがって作業を進めたところ、問題なく推定作業を進めることができた。図7には得られたスギ・ヒノキ林の齢級別の炭素吸収量、図8には3条4項森林経営の炭素吸収量を示した。これらの図を比較したところ、若齢林の吸収量は比較的小さいものの、FM率が高いため、若齢林のFM吸収量は比較的大きく計上されることが分かった。また、吸収に比べて排出はわずかであった。

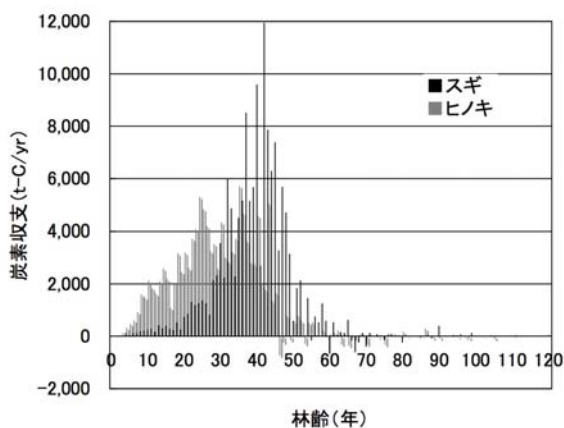


図7 愛媛県の炭素吸収量

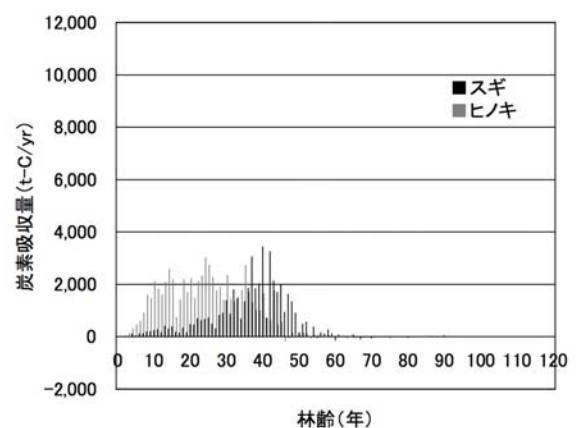


図8 愛媛県の3条4項森林経営による炭素吸収量

このような集計の結果を、FM率を適用するための層化された林相ごとにまとめたものが表5

である。2005年における愛媛県の全林分の炭素吸収量は34.3万t-C/yr、3条4項森林経営による炭素吸収量は17.3万t-C/yrと推定された。3条4項森林経営による炭素吸収量は、森林吸収量の50%にあたることが分かった。

表5 愛媛県の炭素吸収量

	森林吸収量			3条4項森林経営による森林吸収量		
	普通林	制限林	合計	普通林	制限林	合計
育成林	267,705		267,705	118,570		118,570
天然生林	21,028	54,056	75,084	0	54,056	54,056
総計			342,789			172,626

この愛媛県の試算結果を、森林計画対象森林面積の比（1:67.8）を用いて単純に全国に拡大したところ、全森林の炭素吸収量が2325万t-C/yr、3条4項森林経営による炭素吸収量は1134万t-C/yrと推定された（表6）。我が国の3条4項による吸収量の利用上限は1300万t-C/yrであることから、この結果からは2005年現在ではその上限には達していないと言える。なお、当サブサブ課題では森林簿データを下にボトムアップで推定した数値である。一方、サブサブ課題(1)6において補助金データからトップダウンで推定した3条4項森林経営による炭素吸収量は1066～1081万t-C/yrであった。

表6 愛媛県の推定値を基礎にした全国炭素吸収量の推定値

	森林吸収量			3条4項森林経営による森林吸収量		
	普通林	制限林	合計	普通林	制限林	合計
育成林	18,160,336		18,160,336	8,043,440		8,043,440
天然生林	1,426,474	3,666,974	5,093,447	0	3,666,974	3,666,974
総計			23,253,783			11,710,414

#### (7) 森林バイオマスの炭素吸収量評価モデルの開発

すでに議論したように、京都議定書においては単なる算定値のみならず、不確実性評価や検証、QA/QCによりその値の確からしさを示すことを求めており、算定・報告の全体像として、森林簿と森林計画図といった行政情報を算定の核とし、その中の林分構造や地理情報に関する情報を他の独立した方法による推定値で検証する、という構造を描いた（図1）。その全体像をふまえ、これまで議論した個々の手法や、本プロジェクトの他課題で開発された手法を位置づけ、京都議定書の算定・報告のための森林バイオマスの炭素吸収量評価モデル（これを、森林吸収量推定モデルと呼ぶ）の全体構造を図9に示した。

図9は以下のような要点を表現している。

- 1) 森林簿を基礎に、蓄積変化法、拡大形数等のパラメータの利用により吸収量を推定する。
- 2) 枯死木・リター・土壌中の炭素は、森林簿とリンクしたCENTURY-jfosモデルにより推定

する。

- 3) 3条4項森林経営による吸収量は、サンプリングによるFM率の利用により推定する。
- 4) 吸収量算定の基礎となる森林簿やそれによる吸収量の推定値は、森林資源モニタリングシステムや林分調査、さらに生態学的プロセスモデルにより検証する。
- 5) その検証により誤差が見られた場合、収穫表の改善などにより森林簿を改善する。これはQA/QCと位置づけられる。
- 6) 森林計画図や森林面積など地理的情報については、オルソフォト、衛星画像、LIDAR、サンプリングによる土地利用調査により検証する。
- 7) 3条4項森林経営の推定に用いられるFM率は、補助投入量-FM率モデルにより検証する。

これらの要件はマラケシュ合意、GPGで求められた要件に対応しており、本モデルは我が国の森林や森林情報と整合を取りながら、京都議定書ための算定・報告に適合したシステムと言えよう。

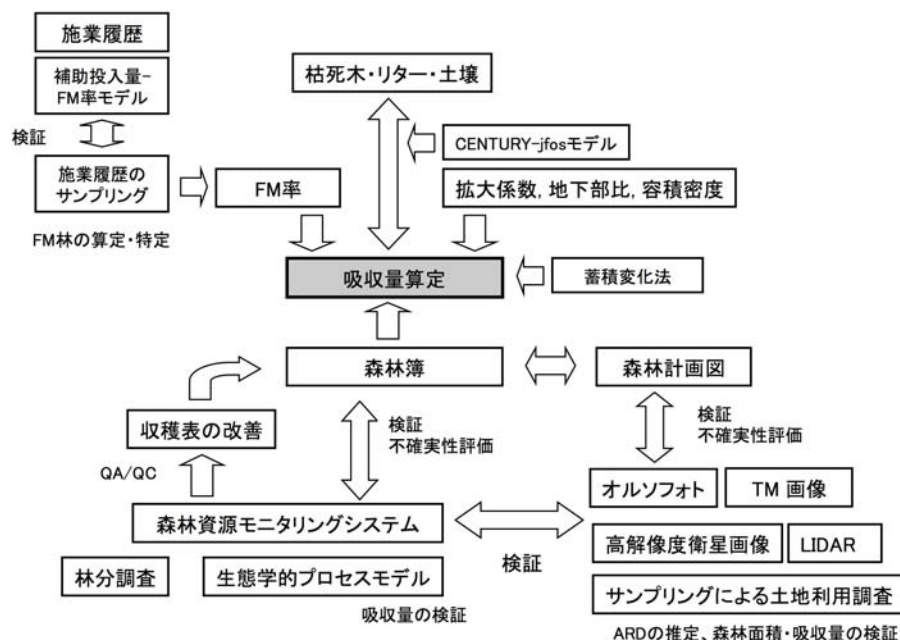


図9 森林吸収量推定モデルの全体構造

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

我が国の森林による炭素吸収量について、森林簿を基礎とした蓄積変化法とそれに係わる係数を明らかにして推定手法を確立するとともに、分布を加味した精度の高い吸収量を推定することが可能になった。これにより、森林タイプや地域別の蓄積量、成長量や吸収量を精緻に推定することが可能となり、これは生態学的な意義をもたらすものである。

### (2) 地球環境政策への貢献

本課題で開発した森林吸収量推定モデルの個々の手法の多くと全体構造は、環境省温室効果ガ

ス排出量算定方法検討会森林等の吸収源分科会において、我が国の京都議定書報告における森林吸収源の算定・報告手法として採用され、条約に基づく温室効果ガスインベントリ報告書<sup>3)</sup>（第7章）と、議定書に基づく割当量に関する報告書<sup>4)</sup>（第2部Ⅱ）に反映された。また、林野庁は本手法を実行するために国家森林資源データベースを開発するなど、京都議定書における吸収源の算定・報告に貢献した。

## 6. 引用文献

- 1) UNFCCC 2001. Decision 11/CP.7 Land use, land-use change and forestry.
- 2) IPCC 2003. IPCC Good Practice Guidance for Land use, Land-use change and Forestry, IGES.
- 3) 温室効果ガスインベントリオフィス 2006. 日本国温室効果ガスインベントリ報告書、地球環境センター・国立環境研究所.
- 4) 日本国政府 2006. 「気候変動に関する国際連合枠組み条約の京都議定書第7条4」に基づく京都議定書第3条7及び8に準拠した日本国の割当量に関する報告書.

## 7. 国際共同研究等の状況

特になし。

## 8. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

〈論文（査読あり）〉

- 1) 松本光朗、木材工業、60:2-7 (2005)  
「地球温暖化対策としての木材利用」
- 2) 松本光朗、栗屋善雄、家原敏郎、高橋正通、藤原健、細田和男、金森匡彦、堀修二、鈴木圭、松原吉隆、今野知樹、林真智、七海崇：森林資源管理と数理モデル、6:141-163 (2007)  
「京都議定書報告のための国家森林資源データベースの開発」
- 3) 松本光朗：林業経済、Vol160、No.5、13-24 (2007)  
「京都議定書がもたらす森林施策の課題」

〈その他誌上発表（査読なし）〉

- 1) Mitsuo Matsumoto : Proceedings of Workshop on Practical National Forest Inventory Systems to Meet the Requirements of the Kyoto Protocol, Forestry and Forest Products Research Institute, 60-67 (2005)  
“Japanese Forest Inventory System and Design of Forest GHG Accounting System for Kyoto Reporting”
- 2) 松本光朗、森林技術、754:3-9 (2005)  
「京都議定書報告に向けた森林吸収量算定手法開発の取り組み」
- 3) 松本光朗、日本森林学会関東支部会論文集、56:29-30 (2005)  
「京都議定書報告のための森林による炭素吸収量算定手法の検討 - IPCCデフォルト法と蓄積変化法の比較」
- 4) 松本光朗：山林、1475:2-10 (2007)

「地球温暖化対策の現状と課題」

- 5) 松本光朗、細田和男、竹内学、金森匡彦：関東森林研究、58 , 43-44(2007)  
「京都議定書3条4項森林経営に係わる森林吸収量算定手法の開発」

(2) 口頭発表 (学会)

- 1) Mitsuo Matsumoto : The international forestry review, abstracts of XXII IUFRO World Congress, 305(2005)  
“Developing a Japanese Forest Green House Gas Accounting System to Meet Kyoto Requirements”
- 2) 松本光朗、第47回森林計画学会春のシンポジウム (2005)  
「京都議定書と国家森林資源データベース」

(3) 出願特許

なし。

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

- 1) 京都議定書における森林吸収量報告手法に関する国際ワークショップ (International Workshop on Forest GHG Accounting and Reporting for the Kyoto Protocol –Referring to the Japanese Accounting and Reporting System– (平成18年6月6～8日、東京国際交流館 プラザ平成、観客50名)
- 2) 京都議定書に基づく森林吸収量算定・報告・検証体制国際ワークショップ (Workshop on Practical National Forest Inventory Systems to Meet Requirements of The Kyoto Protocol) (平成16年11月15日～16日、財務省 三田共用会議所、観客100名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし。