

森林 CO₂ 固定量計測

Mensuration of CO₂ Fixed by Forest Stands

天 野 正 博 (あまの まさひろ)

早稲田大学教授 人間科学学術院人間環境科学科

1. 一般的な森林の CO₂ 固定量の計測

もっとも広く使われている CO₂ 固定量の計測方法は、2 時点間の植物体現存量であるバイオマスの乾重量を計測し、その差に0.5を乗じたものを2時点間の炭素固定量、それに44/12を乗じたものを CO₂ 固定量とする方法である。それ以外に森林地域にタワーを建て森林と大気との間の CO₂ ガスの流入・流出（フラックス）を直接計測し、それから森林の炭素吸収量を求める場合もあるが、タワーの建設やその後のモニタリングに経費を要するのと、分析した数値が安定しない等の問題があって広くは行われていない。このため、世界全体あるいは国全体の森林の CO₂ 固定量を推定する場合は、現段階では前者の方法が用いられている。なお、光合成によって吸収された CO₂ のうち炭素が樹木中に貯蔵されることから、以下では炭素固定量の評価方法を説明する。

2. バイオマス乾重量から森林の炭素固定量を求める方法

2 時点間におけるバイオマス中の炭素量の差は下記のように算出される。

$$\Delta C = (C_{t2} - C_{t1}) / (t_2 - t_1) \quad \text{.....(1)}$$

ΔC : 調査時点 t_1, t_2 間での森林中の炭素貯蔵量の変化量

t_1, t_2 : 炭素貯蔵量を調査した時点

C_{t1} : t_1 におけるバイオマスの炭素貯蔵量 (tC)

C_{t2} : t_2 におけるバイオマスの炭素貯蔵量 (tC)

$$C = V \times D \times BEF \times (1 + R) \times CF \quad \text{.....(2)}$$

C : バイオマスの炭素貯蔵量 (tC)

V : ha あたりの幹材積 (m³)

D : 容積密度 (t/m³)

BEF : 拡大係数 (地上部バイオマス／幹材積)

地上部バイオマス : 幹材積 + 梢 + 枝 + 葉

R : 地上部バイオマスに対する地下部の比率

CF : 炭素含有率 (= 0.5tC/t バイオマス単位重量あたりの炭素重量)

環境省の2006年資料¹⁾によれば、主な樹種の BEF および R 、容積密度は表—1、表—2のようにになっている。この方式に沿って日本は全森林の炭素固定量を算出しており、2004年度は2 477万炭素 t であった。

表—1 拡大係数と地下部バイオマス比率

樹種	BEF		R
	20年生以上	21年生以下	
スギ	1.57	1.23	0.25
ヒノキ	1.55	1.24	0.26
マツ類	1.63	1.23	0.27
カラマツ	1.50	1.15	0.29
広葉樹	1.41	1.27	0.25

表—2 容積密度

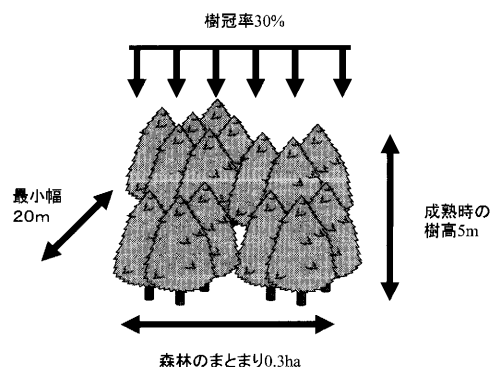
樹種	D
スギ	0.31
ヒノキ	0.41
マツ類	0.42
カラマツ	0.40
広葉樹	0.60

3. 森林の定義

森林の定義は各国によって異なるが、我が国では単位面積あたりの樹冠の投影面積（樹冠率）が30%以上になっている土地を森林としていた。しかし、京都議定書では樹冠率、成熟時の樹高、まとまりとしての森林の最小面積、森林の最小幅の四つから森林を定義するように求めており、我が国では過去の統計情報との整合性を考慮し図—1のように定義することになった。この定義を満たす森林について、haあたりの森林の幹材積を都道府県および国有林が作成している収穫材積表から求めるか、現地でも実測することにより CO₂ 固定量を計算する。

4. 京都議定書における森林の CO₂ 固定量

1997年12月に開催された気候変動枠組条約の第3回締約国会議において京都議定書が採択され、我が国は第1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が大気中の炭素を吸収した量を、削減目標から差し引いてよいことが書き込まれており、政府が2005年に閣議決定した京都議定書目標達成計画では、削減量6%のうち3.9%（1 300万炭素 t ）は森林の吸収量をあてることになった。先に述べた2004年の日本の



図一 森林の定義

森林の炭素吸収量は2477万炭素 t であり、日本の森林の炭素吸収量は目標達成計画を十分にクリアしていると思えるが、実際にはそうでない。京都議定書では炭素吸収量を評価できる森林として、1990年以降の新規植林、再植林、森林減少（議定書3条3項に該当）と、90年以降に何らかの管理活動が行われた森林（3条4項に該当）の炭素吸収量だけを取り上げると定めている。このルールに該当する森林は我が国の全森林のうち40%弱～50%程度だと見積もられている。

5. 京都議定書における森林のCO₂固定量の計測

議定書に基づく具体的なCO₂固定量の計測手法は2001年のマラケシュ合意で下記のように定められた。

(1) 森林生態系で炭素が貯蔵される部分を、a. 地上部バイオマス, b. 地下部バイオマス, c. 落葉, d. 地表の堆積有機物, e. 土壌の五つとし、森林の吸収量をこの五つに分けて報告する。

(2) 土壌中の炭素のように計測することが困難な炭素貯蔵庫については、もし、その部分が温暖化ガスの排出源でないことを証明すれば、計測および報告を省略しても良い。

(3) 伐採し林外へ持ち出された木材を炭素貯蔵庫としてカウントするかどうかは、第2約束期間以降に決める。第1約束期間では林外へ持ち出された丸太は排出としてカウントする。

(4) 人為活動が加えられないまま、ただ存在しているだけの森林の吸収量はカウントしない。

(5) 後述の3条4項の森林管理によるCO₂吸収量がカウントできる量には上限があり、日本の場合は1300万炭素 t が上限値になっている。ただし、後で述べる3条3項が排出となる場合はその分を森林管理による吸収量の上限値である1300万炭素 t に上乗せできる。

(6) 2008～2012年の5年間の毎年の炭素吸収量あるいは排出量の平均値を第1約束期間の炭素吸収量とする。

5.1 京都議定書3条3項の直接的人為活動

3条3項では「1990年以降の新規植林、再植林、森林減少に限定した直接的な人為起源による土地利用変化、林業活動によって生じる各約束期間における炭素貯蔵量の変化を吸収量として用いる¹⁾」と定めている。ここで「新規植林、再植林」は1990年以前に森林以外の利用がされていた土地に新たに植林する場合と定義されている。つまり、1989年12月31日時点で森林以外の土地利用に供せられていた場所が森林になった場合、その土地で2008年から2012年の間における各年の森林蓄積の増加あるいは減少に伴う炭素貯蔵量収支の平均値を、先に述べた五つの炭素貯蔵庫毎に計上する。森林減少では、1989年12月31日時点で森林であったところが、2012年12月31日までに森林以外の土地利用に転用された場合は、その土地での2008～2012年の各年の炭素貯蔵量の変化量の平均値を計上する。日本は3条3項については森林減少によるCO₂排出量が、植林によるCO₂固定量を上回ると予想されている。

5.2 3条4項の追加的人為活動

3条3項では新たに造成した森林のCO₂固定量を評価しようというのに対し、3条4項では既に存在している森林に人為を加えて炭素吸収能力を増進させ、温暖化ガスの減少を図ろうとするものである。主に第2約束期間からの適用を前提として「農耕地土壌や土地利用・林業分野の吸収による変化に関連した追加的人為起源活動について、削減量から差し引くべき活動の種類及び方法に関する仕組み、規則、ガイドラインを決定せねばならない²⁾」としており、具体的な内容については京都議定書に書き込まれなかった。ただ、3条4項に「締約国は、その活動が1990年以降に行われた場合には、これら追加的人為起源活動にかかる決定を第1約束期間に適応することを選択できる²⁾」と書かれており、マラケシュ合意では追加的人為活動としてa. 植生回復, b. 農耕地管理, c. 草地管理, d. 森林管理の四つを定め、その中から第1約束期間に適用したい追加的活動がある場合は、それを選択して報告することになった。日本は植生回復と森林管理を選択することになった。植生回復では主に都市公園に造成された樹木を対象とし、森林管理では1990年以降に間伐などの手を加えられ適切に管理されている人工林と、森林保護政策が実施されている保安林を対象とすることになった。

参考文献

- 1) 環境省：日本国温室効果ガスインベントリ報告書，地球環境研究センター，p. 171. 2006.
http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/2006/NIR_JPN_2006v2_J_060830.pdf
- 2) UNFCCC, The Kyoto Protocol, p. 8 1997. (引用部分を天野和訳)

(原稿受理 2006.9.8)