地球温暖化問題における森林の役割

―― COP6を間近に控えて ――

〔要　　旨〕

１．地球温暖化問題は，1980年代後半以降国際的な課題として議論されてきた。その中で，森林は温暖化の原因となっている二酸化炭素の吸収源として注目されてきた。但し，①地球全体の二酸化炭素の循環システムについて科学的に未解明な部分が残されている。さらに，②森林が吸収及び排出する二酸化炭素量に関する測定精度が低い。また，③温暖化問題に対する各国の認識が異なり，④各国の森林の状態が違うことなどにより，森林の取扱いに対する意見の隔たりは大きい。

２．97年に採択された「京都議定書」では，90年以降の新規植林，再植林，森林減少にかかわる二酸化炭素量をカウントすることが規定された。しかし，それ以外の森林がかかわる二酸化炭素の取扱いや詳細については，事実上先送りされた。これら森林の取扱いに関する詳細や運用ルールは，2000年11月にオランダ・ハーグで開催される「気候変動枠組条約」第６回締約国会議（COP6)。の重要な課題となっている。

３．日本において森林にかかわる温暖化対策としては，企業を中心とした海外での大規模な植林活動が90年代末よりみられる。現時点では，温暖化対策として植林・森林がどのようなルールの下で運用されるのかが明確となっていないため，紙パルプ原料の確保を目的とした海外植林に，温暖化対策を模索している電力会社や自動車企業が試験的に参入する形が多い。一方，国内においては，石油に替わる再生可能な資源として木質バイオマス発電や木製トレー（食品トレーとして）の製造などの取組みが小規模ながら始まっている。

４．森林が二酸化炭素の循環に大きな役割を果たしていることは明らかとなっているものの，明確な数値を用いて吸収源としての役割を説明するには，科学的な解明を待たなくてはならない。そうしたことから，現時点で温暖化対策を少しでも確実に進めるためには，温暖化の最大の要因である化石燃料の消費を減らす手立てとして，木材の有効利用をまず進めるべきであると考える。但し，木材の利用は技術的にも価格的にも石油製品に比べて劣っていることから，現在議論されている環境税や炭素税，あるいは自然エネルギーの活用等と絡めながら，利用方法を考えていくことが必要であろう。

目　次

はじめに
１．地球温暖化問題の中での森林の位置づけ
（1）「気候変動枠組条約」採択まで
（2）「京都議定書」採択まで
（3）「気候変動枠組条約」第6回締約国会議（COP6）まで
２．二酸化炭素の吸収源としての森林の役割
（1）　森林の二酸化炭素吸収量
（2）　世界の森林と二酸化炭素
（3）　日本の森林と二酸化炭素
３．森林にかかわる日本の温暖化対策の動向
（1）　日本政府の対応
（2）　日本の対応策
４．今後の課題

はじめに

今年11月，オランダ・ハーグで地球温暖化に関する国際会議である「気候変動枠組条約」第６回締約国会議（COP６）が開催される。今回の会議では，３年前の「京都会議」（COP３）で議論が最後まで紛糾した，①「排出量取引」等の「京都メカニズム」（＜参考１＞参照）の運用ルールと，②森林等二酸化炭素の吸収源の取扱問題が最大の焦点になる。

「ハーグ会議」（COP６）の決定は，「京都議定書」の発効の可否を左右し，また各国の温室効果ガスの削減戦略に大きくかかわることから関心が高まっている。ただし，これらの課題については各国の意見の対立が激しく，今回の会議で実効性のある結論が見いだせるかどうか不透明な状況と言われている。

また，これらの課題は温室効果ガスの有力な削減方法がなかなかみつからない中で，「削減目標６％減」(注1)を達成しなくてはいけない日本にとってもたいへん重要であ

＜参考１＞「京都メカニズム」

温室効果ガスの削減目標を達成するために「京都議定書」で削減方法として認められた「排出量取引」「共同実施」「クリーン開発メカニズム」の３種類の総称。柔軟性措置とも呼ばれる。

・「排出量取引」（ET＝Emissions Trading ）［京都議定書 第17条］
排出削減目標が達成できない国は，排出削減目標以上に排出削減を達成した国からその余剰分を購入することができ，それを排出削減量としてカウントできる仕組み。

・「共同実施」（JI＝Joint Implementation）［京都議定書 第６条］
排出削減目標をもつ国が共同で，排出削減のための事業あるいは吸収保全のため事業を行った場合に，そこで生まれた排出削減分をそれぞれの国の削減量としてカウントできる仕組み。

・「クリーン開発メカニズム」（CDM＝Clean Development Mechanism）［京都議定書 第12条］
排出削減目標をもつ先進国等が排出削減目標をもたない途上国と共同で排出削減のための事業を実施した場合に，そこで生まれた排出削減量をカウントできる仕組み。

る。日本の産業界からは省エネや技術革新による温暖化対策は大きく見込めないとの意見が強い。そうした中で,「京都メカニズム」と森林による二酸化炭素の吸収は削減目標達成の貴重な手段であるとの認識が高まっている。

本稿では，地球温暖化の議論の中で吸収源として注目されている森林に焦点をあて，温暖化問題に関する国際的な議論の中で森林がどのように位置づけられてきたのかを振り返る。そして，日本の温暖化対策として，大規模に展開されつつある海外植林の現状と国内各地の小規模な取組みを紹介する。最後に，それらを踏まえ温暖化対策としての森林の役割について検討する。

（注1）「京都会議」では，欧州諸国や米国等の先進国とロシア等の市場経済移行国（38か国）に対して，2008～2012年（第１約束期間）の温室効果ガスの排出削減目標を決定した。その中で，日本は，第１約束期間の年平均の排出量を90年比の６％削減と義務づけられた。

１．地球温暖化問題の中での森林の位置づけ

（1）「気候変動枠組条約」採択まで

――80年代末～92年５月――

森林の取扱問題は，第１表に示すように地球温暖化問題に関する国際的な取組みが始まった80年代末より議論されてきた。例えば，温暖化問題に関する最初の総合的な科学的資料である『IPCC第一次評価報告』(注2)（90年）では，「森林減少速度の大規模な低減と同様に森林の拡大は大気中の二酸化炭素濃度の上昇速度の低下に著しく貢献するだろう(注3)」と，適切な森林管理と植林･緑化を温暖化対策の一つとして明示した。しかし，この時点では「たとえ森林対策が導入されたとしても，温室効果ガスの排出を抑制または削減する対策を無視すべきでないことを強調する(注4)」との指摘が加えられて

第1表　温暖化問題における森林に関する議論の展開過程

	内　　容
1988年	IPCCの設立時に,森林が注目されていた。
1990	IPCCの『第一次評価報告』には「FOREST」の項目が設けられる。
	INCの設立時には,森林に関する議論が始まった。
1991	米国は排出源対策だけでなく,吸収源を有効に活用した温暖化対策を進めるように主張(第１回INC会合にて)。
1992	「気候変動枠組条約」が採択される。 〈４条１項…「温室効果ガスの吸収源及び貯蔵庫(特にバイオマス,森林,海その他陸上,沿岸及び海洋の生態系)の持続可能な管理を促進すること並びにこのような吸収源及び貯蔵庫の保全(適当な場合には強化)を促進し…」〉
1997	第６回AGBMでは,森林に関する議論が本格化。
	京都会議(COP3)で,森林に関する議論が難航。難産の結果,「1990年以降の新規植林,再植林,森林減少に関わる温室効果ガスを目標年(2008～2012年)にカウントする」ことを規定。それ以外の森林に関わる温室効果ガスの取扱いに関しては未定(「京都議定書」採択)。
2000	COP6では,森林等吸収源の取扱いについての詳細が決まる(予定)。

資料　日本林業調査会『地球温暖化と森林・木材』1998年，ループホール研究会『地球温暖化防止に向けた国際制度のあり方の研究』等から作成

第2表　地球温暖化に関する国際的議論の変遷

		内　　容	詳　　細
1992年	５月	・「気候変動枠組条約」採択	・大気中の温室効果ガスの安定化（目標）
1994	3	・「気候変動枠組条約」発効	・人間活動が温室効果ガスを増加させていることを認める
1995	3 8 11 12	・COP1（気候変動枠組条約第１回締約国会議）；ベルリン ・第１回AGBM ・第２回AGBM ・IPCCが『第２次評価報告』を公表（翌年に改訂版（IPCC1996ガイドライン）作成）	・COP3までに法的拘束力をもった議定書を作成する ・議定書案作成の準備会合 ・削減率を国によって変える「差異化」を議論 ・気候変化に最も影響しているものがCO_2であると指摘 ・CO_2排出量を直ちに50～70％削減することを求めた
1996	3 7 12	・第３回AGBM ・COP2；ジュネーブ（第４回AGBM同時開催） ・第５回AGBM	・先進国の責任分担について議論 ・米国が削減目標を採択することに了承 ・米国が途上国の義務や排出量権取引などを主張
1997	3 7 10 12	・第６回AGBM ・第７回AGBM ・第８回AGBM ・COP3；京都	・森林など吸収源の取扱いに関して議論 ・森林等の取扱いに関して議論，CDMが提案 ・森林の取扱いについて各国の意見が拡散 ・「京都議定書」採択
1998	6 10 11	・第８回SBI，SBSTA会合；ボン ・第１回SBSTAワークショップ ・COP4；ブエノスアイレス	・京都メカニズムや森林などの吸収源について議論 ・森林等の取扱いに関する会合 ・京都メカニズムや森林の取扱い問題をCOP6で決定することを決めた
1999	4 6 8 10	・第２回SBSTAワークショップ ・第10回SBI，SBSTA会合 ・京都メカニズムに関するシンポ；インドネシア ・COP5；ボン	・吸収源の取扱いに関する会合 ・吸収源に関するデータ提出について議論 ・アセアン諸国がCDMへの期待を表明 ・京都メカニズムや森林の取扱問題についてCOP6で決定することを再確認
2000	1 5 8 11	・世銀「炭素基金」設立 ・IPCCの吸収源特別報告 ・京都議定書３条３項及び４項の実施に係る各国データの提出 ・COP6；ハーグ	・途上国の排出削減技術を支援するための基金 ・森林などの吸収源に関する科学的な資料を発表 ・日本は森林の吸収量を3.2％と3.7％と併記 ・京都メカニズムや吸収源取扱いルールを決定予定

資料　日本林業調査会編『地球温暖化と森林・林業』1998年，ループホール研究会編『地球温暖化防止に向けた国際制度のあり方』1999年，竹内敬二『地球温暖化の政治学』朝日新聞社1998年，日本経済新聞，朝日新聞，聞き取りなどから作成

いるように，あくまでも森林は温暖化対策にとって副次的な役割にとどまるとされていた。

しかし，翌年（91年）に「気候変動枠組条約」の準備・交渉委員会であるINC（気候変動枠組条約政府間交渉委員会）での会合が始まると森林の取扱いに関する議論に政治的な力が加わり，その内容が徐々に変化し始めた（第２表）。それは，世界最大の温室効果ガス排出国である米国（＜参考２＞参照）が，あらゆる排出源と吸収源を対象に考えながら市場メカニズムを活かした「包括的アプローチ」による温暖化対策を主張したことが大きく影響している。(注5)

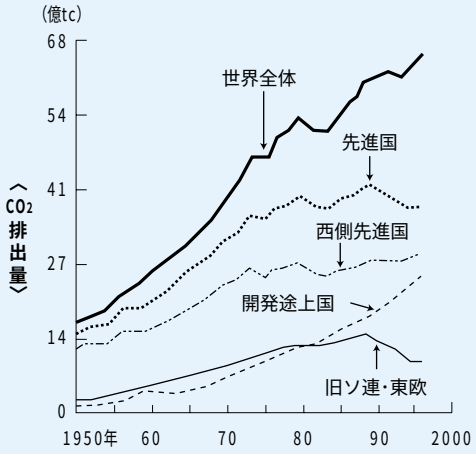
米国は，当初より温暖化対策に消極的な態度を取り，化石燃料の消費に大きな規制がかかることを避けるため「包括的アプローチ」を主張したのである。これ以降，森林等がかかわる二酸化炭素量を温暖化対策として積極的に評価すべき対象であるとの認識が広がり，森林の取扱問題は温室効果ガスの排出削減をどのように進めていくのかという温暖化問題の根幹にかかわる問題と絡みながら議論が進められた。

具体的には，森林等による温室効果ガス（実質的には二酸化炭素）の吸収（排出）量をカウントする（「ネット方式」）のか，あるいは吸収源起源のガスはカウントせずあくま

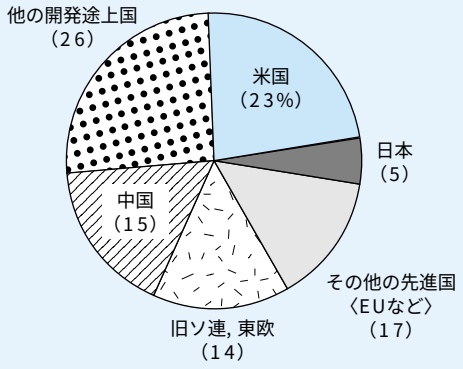
<参考２>世界の温室効果ガス排出量

世界の温室効果ガスの排出量は増加傾向にあり，温室効果ガスの中で最も大きな影響をもつ二酸化炭素は世界全体で64.6億tc*排出されている（96年）。国別の排出量を見ると，米国が23%と最も多い。
*tc＝炭素換算（カーボントン）

図A　世界のCO_2排出量の推移



図B　国別のCO_2排出割合（1996年）



出典　図A, Bとも気候変動ネットワーク編『よくわかる温暖化問題』中央法規2000年（米国オークリッジ国立研究所データから作成している）

でも化石燃料の消費等による排出量だけをカウント（「グロス方式」）するのかについて議論が交わされた。しかし，INCでは「気候変動枠組条約」案づくりという大作業の中で他の課題も山積しており，森林の取扱問題を煮詰めることができなかった。そのため「気候変動枠組条約」には，森林は「温室効果ガスの吸収源及び貯蔵庫（特に，バイオマス，森林，海，その他陸上，沿岸及び海洋の生態系）の持続可能な管理を促進すること並びにこのような吸収源及び貯蔵庫の保全（適当な場合には強化）を促進…」（第４条）との表現にとどまり，具体的な取扱方法に関しては触れられなかった。ただ，意見の隔たりが著しい温暖化問題において世界的な合意形成の結果として作成された「気候変動枠組条約」の中で，吸収源として森林の役割が明示されたことの意味は大きく，これ以降森林の取扱問題は本格的に議論されることとなった。

（注2） IPCC（Intergovernmental Panel on Cli‐mate Change気候変動に関する政府間パネル）IPCCの主な責務は，気候変動に関する，①科学的知見からの評価，②環境及び社会経済への影響評価，③対応戦略の策定等である。IPCCの報告書は世界の科学者が参加して作成され，最も科学的根拠をもった信頼しうるものとされている。

（注3） 霞ヶ関地球温暖化問題研究会[編・訳]『IPCC地球温暖化レポート』中央法規18頁 1991年

（注4） （注3）に同じ

（注5） 米国の基本的な考え方には，「温暖化問題は地球規模の問題だから，温室効果ガスの削減を行いやすい場所や事業を優先的に進めた方が経済的に合理的である。費用対効果の高い事業を優先して行うことは当然である」との意識が強い。こうした考え方から市場メカニズムを活かした「京都メカニズム」が議論され始めた。

(2)「京都議定書」採択まで

――92年６月～97年11月――

「気候変動枠組条約」は,「大気中の温室効果ガスの濃度の安定化を図ることを究極の目標」に掲げて，先進国は2000年までに温室効果ガスの排出量を90年レベルに安定させること等，地球温暖化対策の方向性を示した点でたいへん意味のあるものとなった。

しかし，温室効果ガスには何が含まれるのか，削減目標は具体的な数値を掲げるのか否か，温室効果ガスの排出量をどのように算出するのか等といった具体的な内容は示されていない。そこで，温暖化対策に具体的に取り組むために，法的拘束力をもった議定書をつくる作業が進められた。その作業部隊は，条約発効以降初の締約国会議（COP）を開催したベルリン（ドイツ）にちなんで「ベルリン・マンデート・アドホック・グループ（AGBM)」と名付けられた。

「AGBM」では，2000年以降の温室効果ガスの削減目標の設定や削減方法等とともに森林の取扱問題が議論された。特に，第６回AGBM(97年)以降，森林等による二酸化炭素の吸収・貯蔵の取扱いに関する議論が盛んになり,「ネット方式」と「グロス方式」のどちらを採用するのかについて議論が続けられた。

「ネット方式」は森林等が吸収した二酸化炭素を削減量としてカウントするため，二酸化炭素の吸収が盛んな若齢林を多くもつ国（米国やニュージーランド等）には有利である。一方，二酸化炭素の吸収が少ない成熟林を持つ国（日本やEU等）や森林伐採・開発が盛んな国（途上国等）にとってはメリットは少ない。このように各国に森林の状態や利用方法の違いにより意見が分かれた。また,「ネット方式」を採用した場合には森林がかかわる二酸化炭素量の測定が化石燃料を起源としたそれよりも精度がはるかに落ちるために，意図的な数値が示される等「机上の削減策」として森林が悪用されるとの指摘が出された。

一方,「グロス方式」では化石燃料の消費等からの排出量のみを対象にするため，その数値の科学的な裏付けを得やすい。そのため，温暖化による海面の上昇等により国土の消失等重大な被害に危機感をもつ小諸島連合等は確実な温暖化対策を進めたいとして「グロス方式」を指示した。しかし,「グロス方式」の場合，温室効果ガスの削減方法が限られることから各国の同意を得ることが難しい等の問題を抱えていた。

結局，度重なるAGBMでも意見の調整はつかず,「森林の取扱問題」は全く着地点が見いだせないまま「京都会議」(＜参考３＞参照)に持ちこまれた。森林の取扱問題がこのように難航したのは，先に述べたように各国の森林状況の違いのほかに，温暖化問題に対する認識・危機感の違いや森林に関する科学的データの不足（詳細は次章）等がその理由としてあげられる。

この森林がかかわる二酸化炭素量をカウントするか否かの問題は,「京都会議」でも最終日までその結論が持ち越された。難産の結果,「京都議定書」(＜参考４＞参照)で

＜参考３＞「京都会議」

京都会議は，150か国以上約9,800人以上が参加し，1997年12月１日から予定会期を１日延長して実質11日間にわたって開催された。京都会議では，森林等吸収源の取扱問題以外に，①対象となる温室効果ガスの種類，②削減目標レベルをどの程度とするのか，③排出量取引等の取扱いを認めるのか否か，④途上国の排出削減の取組みをどのように進めるのか等が主な議題として議論された。しかし，意見の対立が激しく，会議の最終日になっても多くの議題で決着がつかず，議定書の採択は京都会議では無理だという予測もでていた。しかし，「この機を逃すと温暖化対策が行えないのでないのか」といった危機感等が募り，調整の結果12月11日に「京都議定書」がなんとか採択された。

＜参考４＞「京都議定書」の概要（森林関連を除く）

・温室効果ガス

６種類（二酸化炭素，メタン，亜酸化窒素，ハイドロフルオロカーボン，パーフルオロカーボン，六フッ化硫黄）［第３条７項］

・削減目標値

2008～2012年（第１約束期間）の温室効果ガス排出量を1990年（基準年）レベルから少なくとも５％を削減する。具体的な削減目標を持つのは先進国及び旧ソ連や東欧諸国とし，途上国の参加は見送られた。また各国の削減目標値は異なる。（例）日本６％，ＥＵ８％，米国７％等

・排出量取引等

削減策として「排出量取引」［第17条］「共同実施」［第６条］が排出削減目標をもつ国に認められた。また，途上国に関しては排出削減を進めるための技術及び資金調達の方法として，削減目標をもつ国が途上国に対して技術および資金提供を行い排出削減を行った場合に，その事業で削減された温室効果ガス量を提供国の削減量としてカウントできる「クリーン開発メカニズム」［第12条］が認められた。

・途上国の参加問題

話し合いがつかず，事実上先送り

は森林の取扱いを以下のように決定した。

①「グロス方式」と「ネット方式」の折衷案のような「グロスネット方式」を採用（基準年となる2008年は吸収源による吸収量はカウントしない「グロス方式」とし，目標年となる2012年には吸収量をカウントする「ネット方式」とする）。

②対象となる森林は，90年以降に新規植林，再植林，森林減少等直接的な人為的活動により生じたものとする［京都議定書３条３項］。

③吸収源の対象範囲についてはさらに検討する［京都議定書３条４項］。

このように，温暖化対策に対して法的な拘束力を持った「京都議定書」で森林の取扱いに関する枠組みが決められた。しかし，次章で説明するように森林がかかわる二酸化炭素量についての科学的なデータが不足しており，また各国の森林の状況や利用方法が異なり意見が激しく対立した中での議論であったため，大枠を決めるのに時間が費やされ，細部まで十分議論が行われないまま「京都議定書」に盛り込まれた。そのため「京都議定書」ではそれぞれの言葉や文章が示す内容や対象範囲については確定されなかった。

(3) 「気候変動枠組条約」第６回締約国会議（COP６）まで

――97年12月～2000年11月――

「京都議定書」採択以降，内容が明確となっていない項目についての国際的な検討が続けられた。森林の取扱問題に関しては，「吸収源ワークショップ」（98年10月米国，99年４月インドネシア）や「気候変動枠組条約」の補助関連会合（SBI／SBSTA）（98年６月，99年６月）で議論が交わされてきた。このほか，「京都会議」以降，温暖化対策に対する認識や削減手法が近い国同士のグループ化（＜参考５＞参照）が起こり，これらの国際会議でも森林の取扱問題が議論された。

さらに，2000年5月にはIPCCが世界各国の100人以上の研究者による「吸収源特別報告書」を発表し，科学的な知見からの森林と温暖化に関するデータが示された。以下では，COP６を直前に控えて現段階における森林に関する論点を整理する。

a．「再植林」とは何を指すのか

①伐採直後の植栽を「再植林」の範疇とする（FAOタイプ）。

②伐採直後の植栽は「再植林」の範疇とせず，一度他の用途に転用された土地に再度植栽が行われたものを「再植林」とみなす（IPCCタイプ）。

以上二つの定義が示され，議論が進められてる。仮に「IPCCタイプ」となった場合には，伐採後の植林が造林面積の大半を占める日本では植林による吸収量はほとんど見込めない。しかし，世界的にみれば荒地の緑化につながりやすい。

b．「森林減少」とは何を指すのか

①伐採活動を「森林減少」とみなすのか。

②森林火災や病虫害を「森林減少」とみなすのか。

＜参考５＞「吸収源コンタクトグループ」

「京都会議」以降，森林の取扱問題や「京都メカニズム」に関して認識の近い国や地域同士のグループ化が生じている。これらのグループは公式的な組織ではないが，議題に関する意見の実質的な調整・交渉役として，温暖化問題に関する国際会議において重要な役割を担っている。

森林の取扱い問題についての各グループの考え方

・「アンブレラグループ」（米国，カナダ，スイス，オーストラリア，ニュージーランド，ノルウェー，日本等）

森林がかかわる二酸化炭素量について上限や制限を設けず，他の削減策と同様に積極的にカウントするべきである。

・EU

二酸化炭素の排出削減はあくまでも化石燃料等からの排出削減を主軸に進めるべきであり，森林等による吸収による削減策には条件や上限を設けて認めるべきである。

・G77＋中国（途上国グループ）

表向きは森林等の吸収源による削減策には否定的な態度をとっているものの，クリーン開発メカニズム（「CDM」）が森林・植林事業に適応された場合には協力国（先進国）から資金や技術の提供を受けることが見込まれるため，「アンブレラグループ」に同調する動きもある。

伐採活動が「森林減少」とみなされず，かつ伐採直後の植栽が「再植林」とみなされた場合には，原生林を保全するよりも，原生林を伐採しその跡地に植栽することの方が温室効果ガスの削減目標達成に有利となる。

また，森林火災や病虫害が「直接的な人為的活動」ではないということで「森林減少」とみなされない場合，意図的に「森林火災」や病虫害を起こしてその跡地に植栽して吸収量をかせぐ可能性がある。

ｃ．吸収源の範囲の拡大をどこまでみとめるのか

「京都議定書３条３項」以外の人為的活動を今後の交渉によって拡大することが「３条４項」で認められているが，その対象範囲をどこまでとするのかが問題となっている。もし，3条4項の対象範囲を大きく認めた場合，日本やＥＵでは排出量の数%程度の吸収量にとどまるが，カナダやオーストラリア等広大な植林余地を持つ国ではなんと200%近く見込まれるとの試算がある。(注6)

この場合，数%程度で設定した各国の削減目標が意味のないものとなり，さらに排出量の増加すら助長しかねない。

ｄ．「クリーン開発メカニズム」に森林の造成・森林管理事業は対象となるのか

途上国と先進国が共同で温室効果ガスの削減事業を取り組む「クリーン開発メカニズム」（以下「CDM」）では，資金や技術移転を期待する途上国側と対象地を広げたい先進国側の利害の一致により，森林の造成・管理事業をその対象とすることが求められている。しかし，森林がかかわる二酸化炭素量の測定精度が低いために，過大な見積りが発生する可能性がある。

以上のような点が森林の取扱問題の主な争点となっている。

（注6） ワーゲニンゲン大学（オランダ）による試算（赤堀聡之「吸収源等課題，COP6での決定に向けた各国の方向性が明確化」『緑の地球』49号1999年11月国際緑化推進センターより）。

２．二酸化炭素の吸収源としての森林の役割

（1） 森林の二酸化炭素吸収量

森林が温暖化対策の一つの手段として注目されているが，その理由は森林（植物）がもつ二酸化炭素の吸収機能を二酸化炭素の削減策として活用しようとしているためである。

周知のように，植物は太陽からの光エネルギーを利用して水と二酸化炭素を有機物に変えて体内に固定する。成長量の約半分が炭素量とみなせるため，例えばスギの場合，１haあたりの年間成長量を７㎥，比重を0.45とすると，1.58tc／ha（＝７㎥／ha×0.45×50%）が年間の吸収量となる。しかし，吸収量は一定ではなく，植物の成長が盛んな「若齢段階」には多くの二酸化炭素を吸収するが，一定程度成長した「成熟段階」になると吸収量は減少し，やがて呼吸による排出と光合成による吸収が同じ程度

となり相殺される。

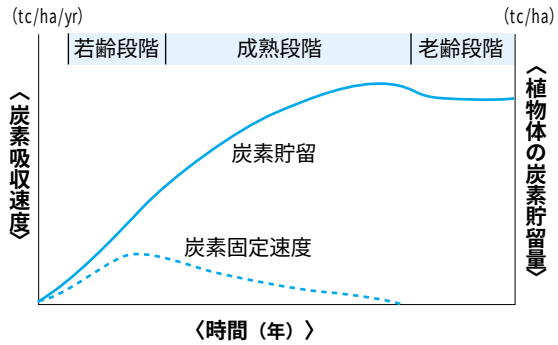
第１図は天然林の二酸化炭素の吸収量（炭素固定速度）の推移を示したものであるが，日本のような温帯の人工林にあてはめると「若齢段階」が10～50年間，「成熟段階」が100～150年間程度となる。[注7,8] つまり，40年生前後の人工林が多く，近年造林面積が減少している日本の森林は，あと10年程度は「吸収源」として機能を発揮するものの，それ以降は成長量が減少するため「吸収源」としての役目はあまり期待できないものとなる。

このように森林（植物）は永続的な吸収源にはなり得ず，「成熟段階」以降では炭素の貯蔵庫としての機能は果たすものの，吸収源として大きな役割は果たせない。また，温度が高く二酸化炭素が多い環境では成長量が増えるために二酸化炭素の吸収力が増加するが，水がなくなると吸収力が減少するように，同じ植物でも生育環境より吸収量は異なる。もちろん樹種によっても吸収量はかなりの格差がある。

つまり，森林は成長段階や生育環境により吸収量が変化することから，無条件に森林を吸収源として位置づけるには問題がある。例えば，吸収源としての機能ばかりが重視され過ぎると，生物多様性や水土流出防備等を高度に発揮する原生林や成熟林を保全・維持するよりも，それらを伐採し跡地に二酸化炭素の吸収力の豊かな樹種（成長の速い樹種）を植栽する方が重視されるなど，総合的な森林管理の観点から考えると矛盾が生じる可能性もある。

（注7） 藤森隆郎「炭素固定機能」『グリーンパワー』森林文化協会99年１月号 ８～９頁。
（注8） 藤森隆郎『森との共生』丸善ライブラリー 平成12年103頁。

第１図　天然林の発達段階に応じた炭素吸収速度と植物体の炭素貯留量のモデル



(藤森1998)：このモデルはKira and Shidei(1967), Borman and Likens(1979), Hatiya et al. (1989), 大住ほか(1995)，大畠(1996)を参考に描いた。

出典　藤森隆朗『森との共生』丸善ライブラリー 2000年(102頁)

（2）　世界の森林と二酸化炭素

現在，地球上の全森林でどの程度の二酸化炭素を吸収しているのだろうか。

実は，人間活動及び自然のサイクルの中で年間どれだけの二酸化炭素が排出され，それが海や陸地，森林等の吸収源のどこにどれだけ吸収されているのかについて，未解明な部分が残っている。この未解明な部分は「ミッシング・シンク」（見えない吸収）と呼ばれている。

特に，森林に関しては世界の陸地の26.6％（34.5億ha）を占める等その面積は広大であり，さらに森林の定義は世界中で180も数えられ，[注9] その形態や利用方法は地域によって様々である。また，森林は樹種や生育環境，樹齢，土壌等の違いにより二酸化炭素

の吸収力が大きく異なり，測定の精度も化石燃料を起源としたものよりはるかに落ちる。さらに，森林の土壌は吸収源として，地上部分よりも大きな役割を果たしていることが指摘されているが，観測がたいへん難しくその実状が明らかとなっていない。

こうしたことから，厳密な数字を用いて温暖化対策としての森林の役割を説明することはたいへん難しい。言い換えれば，森林はうまく見積れば高い吸収量を描き出せるという「机上の削減策」に利用されやすい。

こうした中で，炭素の循環に関する研究は日々進められており(注10)，今年５月にはIPCCが「地球規模での炭素循環」「森林や各活動等の定義」「(京都議定書）３条３項，４項の取扱い」等を内容とした『吸収源に関する特別報告』を世界中の100人以上の研究者の協力により発表した。この報告によると，89～98年の間では，全世界で毎年，化石燃料の消費により63億tc（炭素換算）の温室効果ガスが排出され，そのうち「海洋」と「地上バイオマス（森林等）」にそれぞれ23億tc程度の二酸化炭素が吸収されているとしている（第３表)。

第３表　1989～98年における平均年間炭素量

（単位　億tc）

	炭素量
化石燃料の燃焼等からの排出	63±6(a)
大気中での貯留	33±2
海洋の吸収	23±8
陸上の純吸収	7±10
土地利用変化からの排出	16±8(b)
「地上バイオマス」の吸収	23±13

資料　環境庁地球環境部研究調査室「IPCC特別報告書土地利用，土地利用変化及び林業」５頁から作成
（注）（a）前の10年間とのオーバーラップがある。
（b）1989～95年までの平均排出量。

しかし，同時に森林伐採や開発などを伴う土地利用変化により16億tcもの二酸化炭素が排出されているとの指摘もあり，森林は排出源としても大きな存在となっていることも明らかとなった。これらの数値は，化石燃料の燃焼による二酸化炭素の発生等精緻な測定が可能なものを使った差し引きから算出されている部分もあり，当報告書においても炭素循環が完全に解明されたわけではない。潜在的な吸収量として計算されている部分は現在においても残っている。

（注9） ループホール研究会『地球温暖化防止に向けた国際制度のあり方の研究』23頁，99年８月。

（注10）「温室効果ガスの発生源を判明できる可能性をもつ新技術を東工大グループが開発」（朝日新聞2000.5.18）や「樹種や季節による森林の二酸化炭素の吸収量に関する観測データを森林総合研究所が公表」（日本経済新聞2000年６月５日）等，二酸化炭素の循環システムや森林の吸収量に関する科学的なデータが少しずつ蓄積されている。

（3）　日本の森林と二酸化炭素

日本の森林では，どの程度の二酸化炭素が吸収されているのだろうか。

日本の森林面積は，およそ2,500万haでうち人工林は1,000万haとなっており，近年ほぼ横ばいで推移している。立木蓄積量は35億m³で，伐採量の減少により近年成長量は7,000万～１億m³／年で増加している。これらの森林が年間に吸収する二酸化炭素量は，先に述べたようなことにより正確な数値を持って算出することはできないが，90年代末では2,000～2,500万tc程度との試算(注11,12)がある。

しかし，これらの数値は「京都議定書」の中で吸収源の対象となっていない天然林等が対象として含まれており，現段階で吸収源の対象が最も明確となっている「1990年以降の新規植林」だけでカウントすると日本の森林による吸収量は100万tcにとどまるとの試算もある。

また，今年８月に日本政府が「気候変動枠組条約」の事務局に提出した国内の森林に関する報告では，日本の削減目標６％の中で森林に課せられた割合として3.7％と3.2％と2種類の数値を併記して報告されたと言われている(注13)。これは，温暖化対策に関する産業界の負担をなるべく避けたい通産省と「京都議定書」で森林に関する規定に沿った算出を進めたい環境庁や林野庁のつばぜり合いの結果，併記が余儀なくされたと言われている。

しかし，日本の森林による二酸化炭素吸収量が２種類あることは不自然であり，今後の国際交渉で変更を迫られる可能性は非常に高くなっている。このように，現時点では，日本の森林の吸収量に関して様々な数値が飛び交っている状況となっている。

（注11） 野瀬光弘他「日本における森林・木材起源の炭素収支」『第111回 日本林学会大会学術講演集』2000，21頁や熊崎実「温暖化防止と森林の役割」『国民と森林』99年1月号10頁等から。

（注12） これは日本の90年の温室効果ガス排出量（３億3,400万tc）の6%以上に相当する。

（注13） 日本経済新聞2000年８月９日朝刊ほか。

３．森林にかかわる日本の温暖化対策の動向

日本の温室効果ガスの排出削減量は，2008～2012年（第１約束期間）に90年の排出量に比べて６％とすることが「京都会議」で決まった。つまり，日本は，2008～2012年には毎年の温室効果ガスの排出量を90年の排出量である３億3,400万tcの94%にあたる３億1,400万tcに抑えなくてはいけない。日本の温室効果ガスの９割は二酸化炭素で占められていることから，どのようにして二酸化炭素の排出量を減少させるのかが重要となっている。

このような状況の中で，温室効果ガスの削減に向けてどのような取組みが進められているのだろうか。以下では，森林にかかわった日本の温暖化対策の動向を紹介する。

（1） 日本政府の対応

日本の温室効果ガスは，第４表に示すように90年以降増加しており，97年には11.7％増の３億7,330万tcとなっている。この傾向が今後も続くとすれば，2010年ごろには90年レベルより20%増加するとの試算もある。つまり，実際には６％＋増加分（20%）を削減しなくては，「京都議定書」で定められた削減目標を達成できないこととなり，たいへん難しい状況となっている。

このような状況に対して，日本政府は，省エネルギーや新エネルギーの導入等のよ

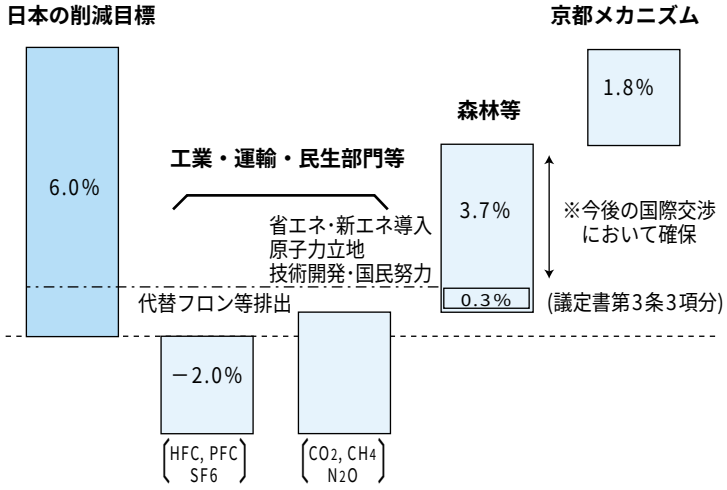
第4表　日本の温室効果ガス排出量の推移

（単位　万tc）

	1990年	91	92	93	94	95	96	97
二酸化炭素（CO_2）	30,392	31,022	31,414	30,914	32,808	32,957	33,395	33,265
メタン（CH_4）	876	865	859	854	846	838	822	789
亜酸化窒素（N_2O）	489	476	478	476	511	522	543	551
ハイドロフルオロカーボン類（HFC）	478	489	527	565	762	808	814	922
パーフルオロカーボン類（PFC）	154	173	173	230	308	408	462	459
六フッ化硫黄（SF6）	1,032	1,162	1,292	1,227	1,227	1,422	1,378	1,343
合　　計	33,422	34,187	34,741	34,265	36,462	36,957	37,414	37,330

資料　地球関係保全に関する関係閣僚会議資料.99年７月
出典　気候変動ネットワーク編『よくわかる地球温暖化』中央法規2000年31頁の表Ⅰ－5－1を基に炭素換算した。
（注）　1.各ガスの排出量に,地球温暖化係数（GWP：IPCC1995年報告書による。）を乗じたもの。
2.HFC,PFC,SF6については,潜在排出量（生産量＋輸入量－輸出量－破壊量）である。また95年以前のHFCの排出量については,HFC－134a,HF－23以外のHFCのGWPを1000として算出した。
3.京都議定書の規定による基準年の温室効果ガスの総排出量（暫定値）は,90年度のCO_2,CH_4,N_2Oの排出量（3億1,800万tc）と95年度のHFC,PFC,SF6の排出量（2,640万tc）を合計したもの（3億4,440万tc）。

第2図　日本の削減目標の達成について



出典　赤堀聡之「地球温暖化」『森林科学』(No. 28, 2000. 2, 21頁)

る二酸化炭素の排出量の削減及び国民のライフスタイルの見直しを促進し,「90年比６％減」の削減目標を「工業，運輸，民生部門」で0.5%,「京都メカニズム等」で1.8%,「森林部門」で3.7%に振り分けて達成するとしている（第２図）。

「森林部門」に課せられた3.7%を量に直すと約1,200万tcとなる。しかし，前述した通り，現時点で吸収源として確実に対象となる森林（90年以降の新規植林）だけでは100万tc，率にして0.3%にとどまる。このため，政府としては今後の国際交渉により対象となる森林を増加させるとしている。

このほか,林野庁では98年2月に「森林・林業・林産業と地球温暖化防止に関する検討会」を設置し，99年４月には報告書を発表,さらに「森林・林業・林産業における地球温暖化対策推進本部」を99年７月に設置するなど，温暖化対策に向けた体制づくりを進めている。しかし,実際には温暖化対策として有効かつ具体的な施策が取られているとは言い難い状況となっている。

（2）　日本の対応策

ａ．海外植林

以上みてきたように，温暖化対策については規定や内容について現在議論中であるものも多く，不透明な状況となっている。しかし，それらを見越して，二酸化炭素排出量の割り当て対策として，また「排出権

取引市場」等新しいビジネスチャンスとして，二酸化炭素の吸収源の確保に取り組む企業が90年代末よりみられる。

これらは，「京都議定書」にて森林が吸収源として温室効果ガスの削減に有効であることが示され，さらに「共同実施」や「クリーン開発メカニズム」等の「京都メカニズム」を活かすことにより，海外での植林事業が温室効果ガスの削減達成に利用できる可能性がでてきたことにより動き始めている。以下では，海外植林の歴史を踏まえて，現在の海外植林の現状を整理する。

（a） 海外植林の歴史的展開

――70年～90年代半ば――

海外植林(注14)は戦前からみられるものの，本格的に開始されるのは70年代初頭である。当時，高度経済成長にともない紙需要が増大し，製紙業界はパルプ材の新たな供給源を必要としていた。こうしたことから，製紙産業を中心に紙・パルプの原料確保を目的とした海外植林が公的助成等の支援を受けながら，インドネシア，マレーシア等成長量が期待できる熱帯林を舞台に試験的に展開され始めた。

しかし，これらの植林事業は開始されてまもなく中止された。その理由は，①二度の石油危機により日本経済全体が冷え込み，紙需要は期待されたほど増加しなかったこと，②安価な原料として古紙の利用が70年代半ばから急速に進んだこと，③社会的・政治的な情勢が不安定であったり土地の所有・利用関係が複雑な植林地が多く，各地でトラブルが発生したこと，④技術的な問題があったこと等があげられる。

80年代末になると，海外植林が再開された。そのきっかけの一つには，半年間にチップ価格が２倍以上に高騰した「チップショック」（80年）があげられる。このようなチップの高騰に翻弄された製紙業界は，パルプ材対策として原料調達の分散化を図るとともに，自主原料の確保策として海外での植林を再び模索し始めた。また，80年代後半以降の為替相場の変化（円高基調）やバブル経済による紙需要の増加，さらに天然林伐採への批判の高まりなども海外植林の再開を後押しした。

具体的には，大昭和製紙によるオーストラリアでのユーカリ植林（89年）を皮切りに，大手製紙メーカーを中心に１万ha以上の大規模な植林がオーストラリアやチリ等南半球の温帯地域で次々と開始された。

（b） 海外植林の現段階

――90年代末以降――

90年代末になると，海外植林に異業種が参入し始めた。これは，前述したように「京都会議」（97年）で先進国等の温室効果ガスの削減目標値が決まったことから，温室効果ガスの排出量の割り当て対策や排出量取引等による新たなビジネスの創出を模索する企業が，その対策として乗り出したものである。具体的には，98年にトヨタ自動車がオーストラリアでのユーカリ植林に乗り出したほか，各電力会社も植林事業を展開し始めた。現在，日本企業が主体となった

海外植林は30程度数えられるが，そのうち11事業に温暖化対策を目的とした異業種の参入がみられる。このほか，現地の大学等と共同で森林の二酸化炭素の吸収力等に関する研究を進めはじめた企業もある。

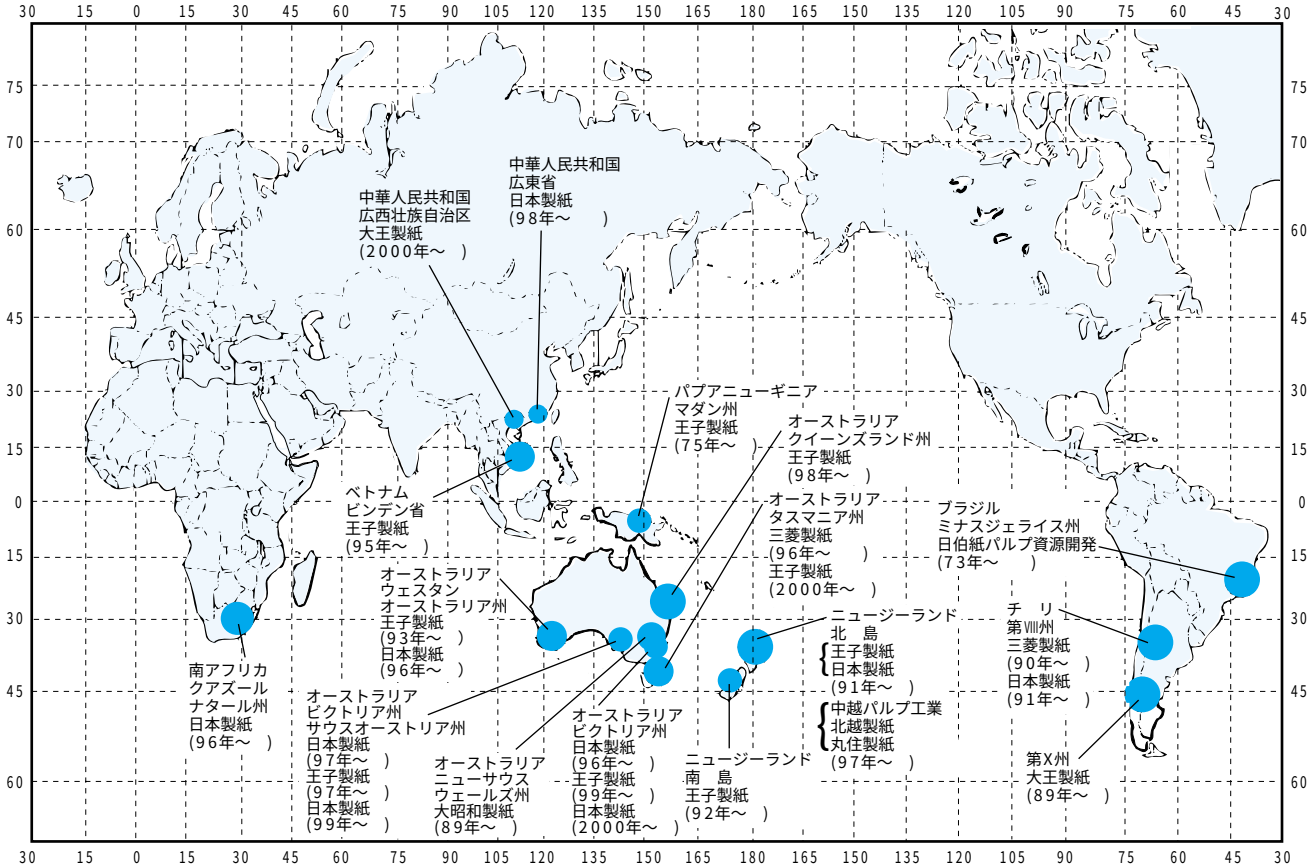
但し，森林と温暖化対策に関する運用ルールがまだ明らかではないため，温暖化対策としての植林への投資に明確な費用対効果の目標数値をもって事業を進めている事例は少ない。そのため，現状ではあくまでも従来から行われている紙パルプの原料確保のための植林プロジェクトに，温暖化対策という役割が加えられるケースが一般的といえる（第３図）。しかし，二酸化炭素削減に有効な手段が見いだせない中で，大規模に展開できる海外植林は一つの削減策として位置づけが高まってきている。

（注14） 海外植林は目的や主体，形態によって様々な活動がある。その種類を大きく分けると，国土・環境保全や地域住民の生活向上を目的に公的機関やNGO（NPO）が主体となっている「環境植林」と資源確保を目的に企業が行う「産業植林」の二つに分かれるが，ここでは二酸化炭素の吸収源確保としての動きがある「産業植林」を取り上げた。

b．国内の森林

国内において，森林を活かした温暖化対策として，大規模に展開されている取組みはほとんどみられない。日本の場合，植林

第3図　製紙会社の海外植林の現状



資料　日本製紙連合会調べ

されるのは建築材として使えるスギやヒノキ等が一般的で，ユーカリやポプラ等成長が速く二酸化炭素の吸収源として有効な樹種は材価がたいへん安く，植林されることはほとんどない。また，木材価格の低迷により伐採面積が減少し，スギやヒノキの造林面積も年間３～４万ha程度と少なく，かつ小規模分散の林地の所有構造により１か所の植栽面積はたいへん小さなものがほとんどであり，企業などによる吸収源確保としては採算が合わない。このように，日本の場合，吸収源としての森林の利用はかなり限定されると考えられる。

一方，木材を化石燃料に替わる再生可能な資源として利用する計画は少しずつ進められている。例えば，剪定枝や伐採木を堆肥にしたり土木資材に加工するなど森林のリサイクル事業に積極的に取り組んでいる高槻市森林組合（大阪府）では，「森林資源リサイクルセンター事業」として木質バイオマスによる発電が計画されている。高槻市森林組合では，以前より「木材林業から環境林業へ」をキャッチフレーズに，地域の里山管理や木材の有効利用に取り組んできており，今回のリサイクル計画もその一環として取り組まれている(注15)。

また，滋賀県では「県民参加による森林発電プロジェクト」を2000年４月開始している。このプロジェクトでは，①木質発電プラント作成，②森林発電所建設，③木炭水質浄化システムの制作，④木炭自動車の制作，⑤炭窯づくり等が計画され，現在，多賀町にある「高取山ふれあいの公園」の電灯に使われる電気の一部を木質発電によりまかなう計画が進められている。

このほか，自然エネルギーの利用を積極的に進めている岩手県葛巻町では，町が主体となって「新エネルギービジョン」を作成し，現在風力発電と太陽光発電を進めている(注16)。そして，今後は町の85%を占める森林資源を活かした木質を原料としたエネルギー利用を検討している。また，高知県馬路村では，地域の森林資源を活かして，木製の食品トレーの製造計画を進めている。

これらの動きは，温暖化対策を意識して始められたというより，むしろ木材価格の低迷で行き詰まっている林業及び地域活性化の一つとして取り組まれているものが多い。そのため，木材の有効活用の一つとして取り組まれており，直接的には温暖化対策として結びつかないものもある。

しかし，木材は鉄やアルミニウム等の非木質系材料を比べると製造過程で消費されるエネルギー量は数十倍～数百分の一と言われており，温室効果ガスの排出量もはるかに少ない。これらの事例は，まだ計画段階のものも多く，さらに小規模な活動であるが，確実に化石燃料の消費を減らす等ライフスタイルの転換の一つの手段であり，重要な手法と位置づけられよう。

（注15）『現代林業』全国林業改良普及協会 2000年９月号

（注16）（注15）に同じ

４．今後の課題

これまでみてきたように，温暖化対策として森林（植物）のもつ二酸化炭素の吸収機能が注目され，吸収源としての森林の取扱いに関する議論が温暖化会議の焦点の一つとなっている。しかし，森林を二酸化炭素の吸収源とみなす上でいくつかの課題が残っていることをもう一度確認する必要があると思われる。

それはまず，①「森林は永続的な吸収源ではない」という問題である。前述したように，森林は若齢期には盛んに二酸化炭素を吸収するが，一定程度成長した後は吸収量は低下する。つまり，森林は二酸化炭素の貯蔵庫としての機能は長期にわたって維持されるものの，吸収源としては一定期間に限られるのである。その結果，若い森林を多くもっている国あるいは今後大規模に植林が行える国には有利である一方で，今まで植林や保育を続け一定程度成長した森林を保全してきた国には不利になるという問題が発生する。

また，②森林が吸収あるいは排出する二酸化炭素の量に関して科学的に未解決な部分をどのように扱うのかという問題が残っている。地球全体がかかわる二酸化炭素量の収支に関して不明な部分が残されているため，森林がかかわる二酸化炭素量もおのずと不正確なものとなる。また，化石燃料の燃焼等からの排出量の測定と比べると精度が落ちると言われている。こうしたことから，国際会議でも森林がかかわる二酸化炭素量をめぐって政治的・意図的な解釈が常に付きまとってきた。森林を活かした削減策を進めるためには，その測定方法や量に関する公正な評価をいかにして保つのかは大きな問題である。

さらに，③森林による吸収量が「京都議定書」で定めた削減目標値よりもはるかに多い場合には，削減目標値そのものの意味が問い直される。また，④森林等の吸収源の取扱いが「机上の削減策」として悪用された場合には，省エネルギーの促進や持続可能なライフスタイルへの転換に足かせとなる場合も考えられる。

以上のように，森林を二酸化炭素の吸収源として明確に位置づけるにはまだ解決しなくてはいけない課題が多く残されている。

こうした課題を抱えながらも90年代末に入ると，吸収源の確保を目的とした海外での植林に取り組む企業があらわれている。海外植林は，大規模な面積を迅速に植林できることから，地球の緑化問題にすばやく対応できる可能性をもっている。しかし，その植林はあくまでも経済的行為であり採算性をクリアすることが前提となるため，単一樹種，短伐期になりやすく，地域もおのずと限定される。

さらに，樹木の生長不良や排出権取引市場の失敗などのリスクに対して，どのように対応していくのかといった問題もある。また，大規模な植林は地元への生態的及び社会経済的な影響は大きい。そうしたこと

から，今後，海外植林は地元の意向を十分に取り入れた植林方法がとられているのか，生態的な問題はないのか，二酸化炭素の吸収源としてどの程度効果を発揮しているのかといった問題を客観的にチェックできる第三者機関を設置するなど，明確な基準のもとで展開される必要があるだろう。

また，植林余地が少なく一定程度成長した森林が多い日本において，森林を活かした温暖化対策を考えると，温暖化問題の根源である化石資源に代わる材料として木材の有効活用をどのように図るのかが重要な課題となるであろう。そうした木材を再生可能な資源として有効活用しようとする動きは，前章で触れたように小規模ながら各地で生まれつつある。これらの動きは，現在の化石燃料の大量消費に依存したライフスタイルの転換につながることから，本質的な温暖化対策の一つであると思う。

森林が，二酸化炭素の循環に大きな役割を果たしていることは明らかとなっているものの，明確な数値を用いて吸収源としての役割を説明するには，科学的な解明を待たなくてはならない。

そうしたことから，現時点で温暖化対策を少しでも確実に進めるためには，最大の要因となっている化石燃料の消費を減らす手立てとして，木材の有効利用をまず第一に進めるべきではないだろうか。但し，木材の利用は技術的にも価格的にも石油製品に比べて劣っていることから，現在議論されている環境税や炭素税，あるいは自然エネルギーの活用等と絡めながら，その方策を考えていくことが必要であろう。小規模でも確実に温室効果ガスの排出を減らせる方策に日本の森林を活かすことが温暖化対策として重要であろう。

〈参考文献〉

・依光良三「海外森林資源の開発と投資」『林業経済』No.414　1983年
・武田八郎「第11章 日本の紙パルプ産業とチップ貿易」『世界の木材貿易構造』日本林業調査会2000年
・依光良三『森と環境の世紀』日本経済評論社 1999年
・『地球温暖化と森林・木材』日本林業調査会 1998年
・佐和隆光『地球温暖化を防ぐ』岩波新書1997年
・『地球温暖化防止に向けた国際制度のあり方の研究』ループホール研究会1999年
・赤堀聡之「COP3以降の地球温暖化にかかる議論の動き」『熱帯林業』No.45 1999
・赤堀聡之「気候変動枠組条約補助機関会合でCOP6へ向けた作業計画策定」『緑の地球』47号 国際緑化推進センター1999年
・熊崎　実「温暖化防止と森林の役割」『国民と森林』1999年1月号 国民森林会議
・藤森隆郎 「炭素固定機能」『グリーンパワー』森林文化協会 99年１月号
・藤森隆郎『森との共生』丸善ライブラリー 2000年６月
・気候変動ネットワーク編『よくわかる地球温暖化問題』中央法規 2000年
・「現代林業」 全国林業改良普及協会 2000年３月号

（栗栖祐子・くりすゆうこ**）**