

# 木材利用と地球環境

## — 気候変動について —

### 一 地球温暖化は人為的なCO<sub>2</sub>排出が主な原因

地球温暖化が、世界が直面する問題としてはつきりと認識され始めたのは一九八〇年代のことでした。温暖化の原因についてはいろいろな議論がありました。現在は人為的なものであるという見解が一般的になっています。ここではまず温暖化の仕組みと現状を整理します。

地球は大气と呼ばれる気体の層で覆われています。大气の主な成分は窒素と酸素で、それぞれ体積比で約七八%、二〇%を占めています。その他、二%の中には二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)やオゾンなど様々な成分が含まれています。

恒<sup>つね</sup> 次<sup>つぎ</sup> 祐<sup>ゆう</sup> 子<sup>こ</sup>

地球の表面は太陽から得るエネルギーによって温められますが、地表から放射される熱は、大气がなければそのまま全量が宇宙に放射されます。この場合、地球の表面温度はマイナス一九℃ぐらいになる計算だそうです。しかし実際には、地球を覆う大気中には熱を吸収する作用を持つ成分が含まれており、地球から放射された熱の一部は宇宙に逃げていかずに再び地球側に戻るといふ現象が起きています。この効果を「温室効果」と呼び、これのおかげで地球の平均気温はマイナス一九℃よりはずっと温かく、約一四℃となっています。つまり温室効果が全く起こらないとすると、わたしたち人間を含む多くの生物は寒すぎて生きていけないということにな

温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの観測された増加によってもたらされた可能性が非常に高い」との報告をしました。<sup>(1)</sup>つまり、地球温暖化の主因は人間が排出している温室効果ガスであるという見解です。後述する京都議定書では主な温室効果ガスとして、CO<sub>2</sub>、メタン、亜酸化窒素など

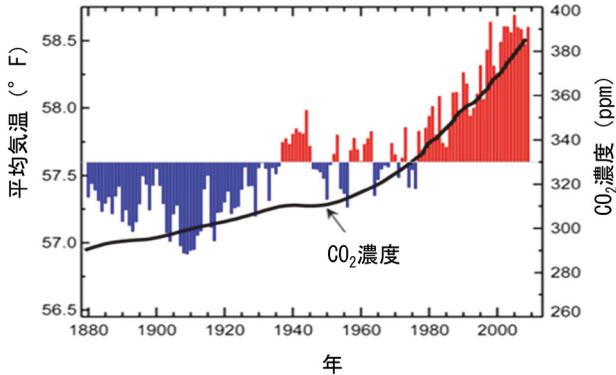


図1 地球の平均気温と二酸化炭素濃度の推移 <sup>(2)</sup>を改変

りそうです。ただし今問題となっているのは、この温室効果をもたらす大気中の成分、つまり温室効果ガスが急激に増加した結果、地球の気温が長期的に上昇しているということ(図1、図2)。これについて、一九八八年に設立された気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、「二十世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇は、温室効果ガスの増加によるものと見られる」と報告している。

との指摘がなされています。<sup>(1)</sup>しかし、実は温暖化の影響については、まだ研究や評価が行われている途中であり、確実に

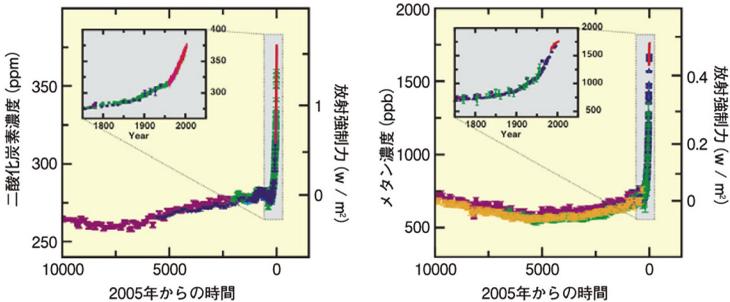


図2 温室効果ガス濃度の推移 (左：二酸化炭素、右：メタン) <sup>(1)</sup>および全国地球温暖化防止活動推進センター <http://jccctest.heteml.jp/> より)

六種類が排出削減対象として指定されており、このうちCO<sub>2</sub>は大気中の濃度が他の温暖化ガスに比べて多いことなどから、現在問題となっている地球温暖化への影響が最も大きいことが指摘されています。それでは、もし今後温暖化が進んでしまっただけで済むのでしょうか？ 起こるのでしょうか？ IPCC第四次報告書では、気温上昇や海面水位の上昇、海水面積の減少とともに「極端な高温や熱波、大雨の頻度は引き続き増加する可能性が非常に高い」

は分かっていることも多くあります。例えば水不足や食料生産、特定の病気の流行などについて、総合的な影響が慎重に研究されているところです。

## 二 温暖化防止における木材利用の役割

### (一) CO<sub>2</sub>吸収源としての森林と木材

温暖化の抑制に向けて森林や木材の果たす役割が大きく注目されていることをご存じでしょうか。地上から大気中にCO<sub>2</sub>などの温室効果ガスを排出している「排出源」に対して、大気中からそれらを吸収するものを「吸収源」といいます。地球上にあるCO<sub>2</sub>吸収源は海と、森林をはじめとする植生が主なものです。

樹木などの植物は、光合成により空気中のCO<sub>2</sub>と水から炭水化物と酸素を作り出す生命活動を行っています。例えば、三五年生から四〇年生のスギでは、一本あたり年間約二・四kgの炭素(≡約八・八kgのCO<sub>2</sub>)を吸収していると試算例もあります<sup>3)</sup>。CO<sub>2</sub>吸収は成長期である若い森林で旺盛であり、樹木が成熟するにしたがって徐々に少なくなってしまう。そこで出番となるのが木材です。

樹木が吸収したCO<sub>2</sub>は炭素の形で木材中に貯蔵され、木材が燃やされたり腐朽したりしない限りは大気中に戻ることはあ

りません。この効果は、木材の炭素貯蔵効果と呼ばれます。成熟した森林は伐採して木材として利用することで炭素を蓄積し続け、さらに伐採後には植林をすることで森林の吸収量を復活させれば、森林の吸収源としての機能を最大限に發揮させることができると考えられます。このとき伐採量は森林の成長量を超えないこと、つまり持続可能な形で森林経営を行うことが重要です。

表 1 木材の化学組成 (辺材)

	単位：%				
	カラマツ	マツ	スプルース	ナラ	カバ
炭素	49.6	50.2	50	49.2	48.9
水素	5.8	6.1	6	5.8	5.9
窒素	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2
酸素	44.2	43.4	43.5	44.2	44.5
灰分	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5

資料：注<sup>4)</sup>より作成

### (二) 木材の炭素貯蔵量

木材中の炭素貯蔵量は樹種に関わらず、その絶乾重量の約半分であることが分かっています(表1)。例えば、全乾比重〇・四の木材1m<sup>3</sup>であれば、約二〇〇kgの炭素を貯蔵していることになります。木造住宅には1m<sup>2</sup>あたり約〇・二m<sup>3</sup>の木材が使われているというデータがあるので<sup>5)</sup>、これを用いると二〇m<sup>2</sup>の木造住宅には約二四m<sup>3</sup>の木材が使われていることになりま

す。これより、全乾比重が〇・四〇・五だとすると、四・八〇・六

tの炭素が貯蔵されている計算となります。

さて、ある町に一〇棟の木造住宅があり、一年間に二棟解体して四棟を新築したとすると、来年にはこの町の木造住宅は一二棟が増えることとなります。一棟あたり六tの炭素が貯蔵されているとすると、今年は一六〇t、一年後に七二〇tの炭素が貯蔵されていることとなりますので、一年間で一二tの純増となっています。これは、この町で木造住宅を建てることで、一年に一二tの炭素を吸収したということに他なりません。このようなことから、木造建築物を森林と同じ吸収源機能を持つものとして、「都市の森林」と呼ぶこともあぐらいです。<sup>(6)</sup>

### (三) 材料代替による排出削減効果

木材利用には吸収源機能としての炭素貯蔵効果だけではなく、排出量削減につながる効果もあります。そのひとつが材料代替効果(省エネルギー効果)です。

一般に、木材を生産するために要するエネルギーは他材料に比較して少ないことが知られています。これは、加工過程におけるエネルギー使用に由来するCO<sub>2</sub>排出量が少ないことを意味します。このため、同じ用途の物であれば、他材料で作るよりも木材を使って作る方が、エネルギー使用による排出量を削減することができることとなります。この効果は、材

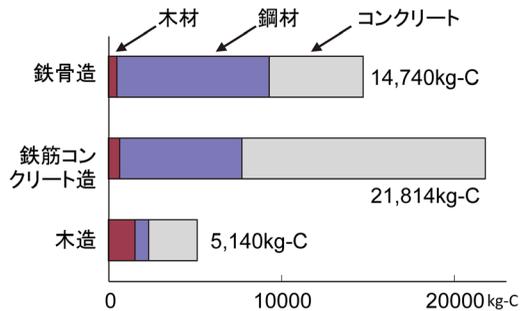


図3 住宅1棟(136m<sup>2</sup>)を構成する主要材料の製造時炭素排出量の構造別比較(⑦より作成)

料代替効果(省エネルギー効果)と呼ばれます。

一三六m<sup>2</sup>の住宅を想定し、構造別に排出量を試算して比較した研究があります。<sup>(7)</sup>この研究では、建設資材の労働力需要実態調査(建設省(当時))から構造別主要構成材料を得て、各材料製造における炭素排出量の推定値から構造別排出量(単位: kg-C (炭素kg))を求めた結果、木造で五、一四〇kg-C、鉄骨造で一四、七四〇kg-C、鉄筋コンクリート造で二一、八一四kg-Cとなつたそうです。つまり、家を作る際に木造を選択すれば、排出量が鉄骨造の約三分の一で済むという結果になっています(図3)。

### (四) バイオマスエネルギー利用による削減効果

## (一) 国連気候変動枠組条約

もうひとつの排出削減効果として、化石燃料代替効果が挙げられます。木材は廃棄する際にエネルギー源として使うことができます。木材に貯蔵されている炭素は、木材を廃棄・焼却したときには大気中に放出されますが、その炭素は次の世代の森林に吸収されると考えれば、大気のCO<sub>2</sub>濃度を上昇させないとみなすことができます。この考え方を「カーボンニュートラル」といい、化石燃料を「カーボンニュートラル」な木材等のバイオマスで代替することにより、化石燃料を消費することによるCO<sub>2</sub>の排出を削減することができるということになります。これが化石燃料代替効果です。ここで「バイオマスを燃やしても、樹木が成長時に吸収した炭素を大気中に戻すだけなのでカーボンニュートラルである」のではなく、「木材は『伐って植えて育てる』を繰り返すサイクルの中にあるからこそカーボンニュートラルである」ことに注意していただきたいと思います。バイオマス燃料による排出量が森林の吸収量を超える場合は、木質系燃料はカーボンニュートラルではなく排出源になってしまうと考えるべきだと思います。

## 三 気候変動に関する世界の取組みと木材利用

世界各国は「国連気候変動枠組条約（UNFCCC）」の下、毎年締約国会議（COP）参加や排出量の報告を通して温暖化の防止に取り組んでいます。しかし、木材を使うことによる効果が国際的な温暖化防止の枠組みの中に取り入れられたのは最近になってからでした。

UNFCCCに参加している先進国に対して排出削減量の目標を定めさせ、達成を義務化しているものとして京都議定書があります。京都議定書の第一約束期間（二〇〇八年～二〇一二年）において日本は一九九〇年比六％の削減を目標としましたが、この達成のために森林の吸収源機能が大きく期待されたことは広く知られています。これは、京都議定書では森林の吸収量等によるオフセット（排出量から吸収量を差し引くことができる）が認められたためです。

一方で、第一約束期間には前述のような木材利用による吸収源効果（＝炭素貯蔵効果）は計上・報告する対象となっておらず、森林が伐採された時点で伐採量分を排出と計上する、いわゆる即時排出という扱いになっていました。森林を伐採した後は木材をどのように利用しても吸収にも排出にも寄与しないことになり、実情が計上・報告に反映されないことになってしまいます。そこで、第二約束期間に向けて木材の扱いについて検討が続けられました。

(二) 炭素貯蔵効果の評価ルール

すでに本稿で何度か登場している「気候変動に関する政府間パネル気候変動（IPCC）」は、国連の下で一九九八年から活動している組織です。IPCCは主に科学者から構成されており、最新の科学的知見に基づいて気候変動の現状や将来にわたる影響に関する情報提供を行っています。第二約束期間に向けて木材の炭素貯蔵効果をどのように取り扱えばよいか、IPCCはUNFCCCの要請を受けて四種類の手法を提案しました（表2）。

【暫定法（デフォルトアプローチ）】第一約束期間と同じく、森林は伐採時に排出とみなし、木材中の炭素は計上しない。

【蓄積変化法（ストックチェンジアプローチ）】国内にある木材蓄積量の増減を計算し、増えたら吸収、減ったら排出とする。国内にある全木材を対象とするため、輸入された木材中の炭素は輸入国が自国の計算に含めることになる。

【生産法（プロダクションアプローチ）】国内にある自国の森林から産出された木材および自国の森林から産出されて輸出された木材蓄積量の増減を計算し、増えたら吸収、減ったら排出とする。輸入された木材中の炭素は輸出国が自国の計算に含めることになる。

【大気フロー法（アトモスフェリックフローアプローチ）】大気とのやり取りを計算する。国内で使用している木材が廃棄

され、燃されたり腐朽したりした場合に、その分だけ排出となる。  
この提案をベースに、第二約束期間に向けてどの手法を統一ルールとするかという検討が慎重に行われました。採択される手法によって各国の排出量の計算が大きく異なることになりまますので、交渉の綱引きが大変だったのではないかと想像します。

表 2 木材の評価手法

手法名	国内に存在		国外に存在	
	国産材	外材 (輸入材)	国産材 (輸出材)	外材
暫定	×	×	×	×
蓄積変化	○	○	×	×
生産	○	×	○	×
大気フロー	廃棄時に排出として計上		×	×

○：蓄積量の変化を計上、×：計上しない  
資料：注②より作成

検討の結果、二〇一一年の十一月～十二月に南アフリカ・ダーバンで行われた国連気候変動枠組条約第一七回締約国会議／京都議定書第七回締約国会合（COP17/CMPT7）において、木材にとっては大きな決定がなされました。この会議で、第二約束期間には木材製品中に貯蔵されている炭素を計上・報告することが国際ルールとして合意されたのです。

実際に採択されたルール

は、前述の四手法のうち「生産法」に近いものでした。ダーバンの決議書には「附属書Ⅰ国（いわゆる先進国のこと）は、京都議定書第三条三項、三条四項に基づき計上している森林から伐出された木材を計上する」と定められています。ここで、三条三項および三条四項の森林とは「吸収源（森林減少は排出源）」として各国が計上することを認められている森林です。つまり、第二約束期間ではその国が森林吸収源として計上している森林から伐出された木材を計上するというルールになったといえます。これは、自国の森林から伐出された木材のみを計上すること、つまり国産材のみを計上するという他に他なりません。

ダーバン決議書には他にもいくつかの重要な決議内容が書かれており、そのひとつは、計上する木材製品は「製材、木質パネル、紙・板紙」の三種類であるという定義です。また、①森林減少に由来する木材、②廃棄物埋立処分場に埋め立てられた木材、また③エネルギー利用目的で伐採された木材は即時排出として扱うことも明記されています。

### （三）木材利用による吸収量の推定

それでは、実際に木材利用による吸収量はどのように推計するのでしょうか？二章に「ある町の木造住宅の数」から炭素貯蔵量の変化を求める例を挙げましたが、同じように、日

本中に存在する木材の量（三条三項および四項の森林に由来する製材、木質パネル、紙・板紙）の変化を計算し、増えれば吸収、減っていれば排出とするというのが基本的な考え方です。ただし、「国内に存在する木材の総量」に関する統計を持つ国は今のところありません。そこで、ほとんどの国が持っている生産量の統計を使って木材の存在量を推計する方法が定められています。

日本は世界の中でも高度な統計の整備が進んでいる国のひとつです。そのような国は、生産統計だけではなく、自国の様々な統計を使って、より詳細に吸収量・排出量を推計することが許されています。どのような計算をしたとしても、それが透明で検証可能であることが求められており、公表される報告書には推計方法やデータの根拠を明記することが必要です。

### 四 これからの木材利用への期待

第二約束期間は二〇一三年から始まりましたが、日本は「公平かつ実効的な新たな国際枠組みの構築」を訴えて不参加を表明しました。ただ、不参加の国も吸収源の算定は行うことが決められており、日本も毎年、森林や木材による吸収量を報告しています。

実際のところ、木材による吸収量は森林の吸収量と比較す

るとそれほど大きな量とはいえません。しかし、木材利用による環境貢献のうち現行の算定ルールでは評価しきれないものは多くあります。ルールにしたがった計算だけを考えるのではなく、広い視野で木材の環境への影響を考えていくべきでしょう。

二〇一五年には京都議定書の後を継ぐパリ協定が採択されました。今世紀後半にはカーボンニュートラルな社会を構築することを目指すことが合意され、木材への期待はますます大きくなっていくと思われます。その期待に応え、生物材料としての木材の良さを十全に發揮させるために真に地球温暖化防止に貢献する木材利用のあり方を考える必要があります。

#### 注

- (一) IPCC 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Solomon SD. 他編. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (気象庁訳)
- (二) Thomas RK. 他編. Global Climate Change Impacts in the United States. Cambridge University Press, 2009
- (三) 林野庁「地球温暖化防止に向けて」[http://www.rinyamaif.go.jp/j\\_sin\\_riyou/ondanka/con\\_5.html](http://www.rinyamaif.go.jp/j_sin_riyou/ondanka/con_5.html)
- (四) Browning BL. 編. The Chemistry of Wood. Interscience (Wiley), New York, 1963
- (五) 外崎真理雄、恒次祐子「建設資材・労働力需要実態調査」による建築木材投入量原単位、『木材工業』五九(八)、三六〇—三六二、二〇〇四年
- (六) 有馬孝禮『木材の住科学—木造建築を考える』、東京大学出版、二〇〇三年
- (七) 岡崎泰男・大熊幹章「炭素ストック、CO<sub>2</sub>放出の観点から見た木造住宅建設の評価」、『木材工業』五三(四)、一六一—一六五、一九九八年
- (八) IPCC, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Eggleston HS. 他編. IGES, Japan, 2006
- (九) 恒次祐子「地球温暖化防止から見る木質ボーズ」、『木材工業』七一(一一)、四七七—四八二、二〇一六年  
(東京大学大学院農学生命科学研究科)