

木材利用によるカーボンニュートラル社会への貢献

恒次祐子*

〔キーワード〕：吸収源機能, 国産材, 京都議定書,
パリ協定, 気候変動

1. はじめに

木材は代表的な生物材料であり、古くから建築や生活用具等に使われてきた人間に身近な材料である。現在の国内供給量のうち国内の森林に由来するもの（いわゆる国産材）は概ね40%である（図1）。

森林は二酸化炭素吸収源機能を持つが、木材をどのように利用するかということは森林吸収に大きな影響を与える。また木材そのものも吸収源の一つであること、さらに木材利用による排出削減効果もあることから、木材利用はカーボンニュートラル社会への移行において大きな役割を果たすものと考えられる。本稿では木材が二酸化炭素吸収や排出削減にどのように貢献できるかを整理し、カーボンニュートラル社会に向けた木材の役割について考える。

2. 森林吸収源機能と木材利用

森林は多面的な機能を持ち、二酸化炭素吸収源機能はその一つである。気候変動枠組条約においては温室効果ガスの「吸収源及び貯蔵庫」として「バイオマス、森林、海その他陸上、沿岸及び海洋の生態系」が特記されており、これらの持続可能な管理、保全や強化の促進が謳われている。

樹木は成長が旺盛なときには多くの二酸化炭素を吸収する。したがって若い森林においては植生による二酸化炭素の吸収速度が速く、成熟段階になると吸収速度が低下し、老齢段階では吸収と排出（呼吸による二酸化炭素排出や、枯死木、リターによる）がバランスして見かけ上は収支ゼロとなる¹⁾。二酸化炭素の吸収量を維持するためには、木材生産を目的として持続的に経営を行っている森林において適切な時期に伐採を行い、その後には必ず植林をし

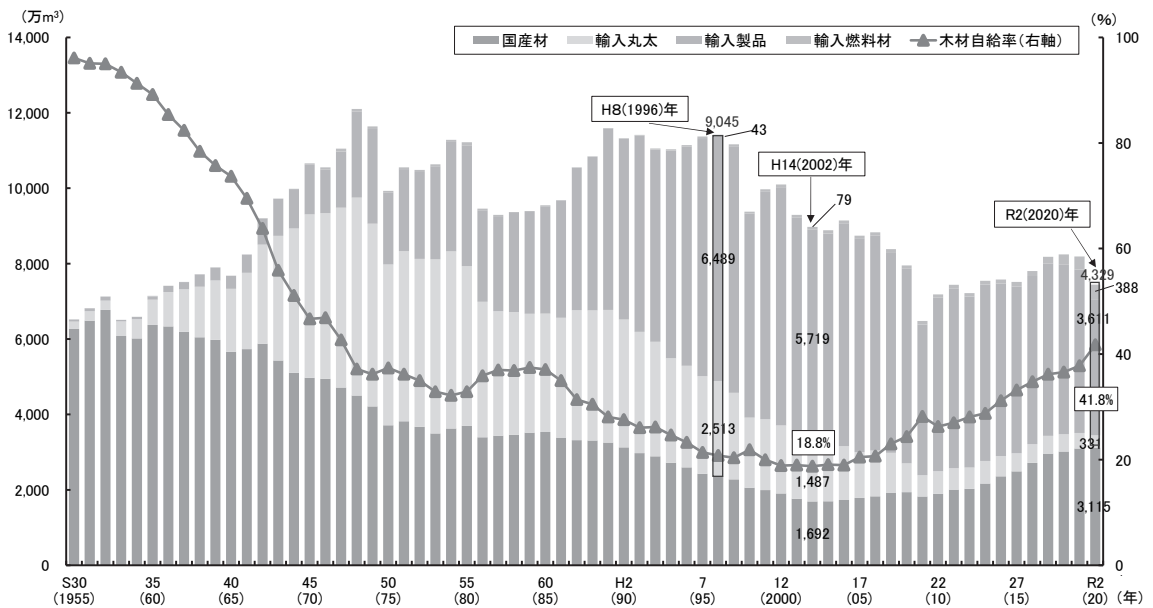


図1 木材供給量と木材自給率の推移
林野庁 木材需給表による。

て森林を若返らせることが必要であるということになる。木材利用には成熟した森林の若返りを促進し、吸収源機能を復活させる意義があるともいえる。

森林の多面的機能のうち、もう一つ木材と関連が深いものとして物質生産機能に着目すると、森林は木材を産出するが、木材伐出後に植林を行えば、再び木材を生産することが可能である。すなわち木材は再生可能資源であるといえる。一方、このこと(木材が再生可能資源であること)が成り立つためには、人間が木材を消費する速度が森林の成長速度を超えないことが必要である。伐採量が成長量を上回らないことは持続的な森林利用の基盤となるものであり、さらに森林が吸収源であるためにも必要な条件となる。

3. 木材利用による地球温暖化防止機能

森林の吸収源機能への影響だけではなく、木材利用自体にも二酸化炭素吸収や排出削減の機能があると考えられている。二酸化炭素吸収にあたるものとして木材による「炭素貯蔵効果」、排出削減として「材料代替効果(省エネルギー効果)」、 「化石燃料代替効果」が挙げられる。木材利用の持つこのような効果については1990年ごろから指摘されるようになったと思われる^{例えば 2-3)}。当時は熱帯雨林の破壊などが問題となっており、木材利用は森林や環境の破壊に繋がる行為であるとの一般的な認識が強かったが、この頃から徐々に木材利用のイメージが変わっていったと考えられる。

3.1. 木材の炭素貯蔵効果

木材には樹木が光合成により固定した二酸化炭素が炭素の形で貯蔵されている。木材は主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンから構成されており、全体の化学組成から見ると炭素が重量の約半分を占めている。このことから、ある木材の全乾重量が分かれば、貯蔵されている炭素量はその半分であると考えることができる。

国内にある程度長期的に存在する木材の多くは建築物に使用されており、近年の中大規模木造建築への関心の高まりとともに、建築物中木材による炭素貯蔵量の推計方法にも関心が集まっている。このため林野庁は「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」を公表し、以下

のように建築物に使用されている木材中炭素量(二酸化炭素換算)計算式を示している。

$$C_s = W \times D \times C_f \times 44 / 12$$

ここで

C_s : 建築物に利用した木材(製材のほか、集成材や合板、木質ボード等の木質資材を含む)に係る炭素貯蔵量(CO_2 換算量)($t-CO_2$)

W : 建築物に利用した木材の量(m^3)(気乾状態の材積)

D : 木材の密度(t/m^3)(気乾状態の材積に対する全乾状態の質量の比)

C_f : 木材の炭素含有率(木材の全乾状態の質量における炭素含有率)

D (木材の密度)は一般的に文献から得られる気乾密度、全乾密度ではなく、気乾材積あたりの全乾質量を使うこととなっており、気乾状態を含水率15%と仮定して、気乾密度に $0.87(=100/115)$ を乗じる変換方法が提案されている。

W (建物に使用される木材量)は木造建築物で概ね $0.2 m^3/m^2$ と考えられるため⁴⁾、仮に $100m^2$ の建物を気乾密度 $0.4 g/cm^3$ の木材で建てたとすると、約 $3.5 t-C$ の炭素貯蔵量となる。35年生のスギ1本あたりの炭素貯蔵量が $68 kg-C$ との試算例(森林総合研究所)があるので、これはスギ50本以上に相当することとなる。今後都市部において中大規模木造建築物が増えた場合、相当量の木材および木材中炭素が都市に存在するようになることが考えられる。このようなことから、木造建築物は「都市の森林」⁵⁾とも呼ばれる。

3.2. 材料の代替による削減効果

木材は材料製造に伴うエネルギー消費量が他の主要材料に比較して少なく、これに伴って製造時の排出量が少ない。したがって同程度の機能を持つものを他材料製とするより木製とした方が排出量を抑制することができることが多い。これを材料代替効果(省エネルギー効果)と呼ぶ。例えば産業連関表を用いて建築物への投入資源の製造に伴う排出量を構造別に比較した事例では、床面積あたりの排出量が木造で他の構造よりも少なかったことが報告されている(表1)⁶⁾。

このことより、1棟の建物を建てる時に木造を

表 1 建築構造種別使用材料の製造に由来する炭素排出量の比較

	木材	セメント	鉄	その他	運輸
木造	5	24	12	6	24
SRC 造	5	42	46	10	42
RC 造	6	36	44	9	36
S 造	2	19	33	6	25

文献 6 より作成

単位：kg-C/m²

SRC 造：鉄骨鉄筋コンクリート造，RC 造：鉄筋コンクリート造，S 造：鉄骨造

選択した方が使用材料の製造に伴う排出量を抑制することができるといえる。また、家具などについても同様の比較を行うことができる。なお表 1 に示した研究事例はあくまでもある年に建てられた各構造建築物の平均的な排出量の比較であり、同機能、同面積の建物を異なる構造で建てた場合を比較したものではないことに留意が必要である。

3.3. 化石燃料代替効果

木材を燃焼させると木材中に貯蔵された炭素は二酸化炭素となって大気中に戻っていく。しかしこの炭素は樹木が成長し、成熟し、最後には枯れて分解されるという大きな循環の中にあるものと同等であると考えれば、大気中の二酸化炭素濃度を上昇させておらず、カーボンニュートラルであるとみなすことができる。これにより、化石燃料の代わりに木質燃料を使用すれば、化石燃料由来の排出量を削減することができると考えられ、これを化石燃料代替効果と呼ぶ。前述のように持続性を考慮すると木材の消費速度は森林の成長速度を超えないことが肝要であり、消費速度の速いエネルギー利用については未利用材等の利用を優先するなど、材料利用とのバランスを考えるべきである。

4. パリ協定と木材利用

パリ協定において、木製品（HWP）は基本的には京都議定書における扱いを踏襲する形で扱われることとなった。京都議定書では第二約束期間（2013～2020 年）より木材製品（Harvested Wood Products；HWP）の炭素貯蔵効果を森林吸収源の一環として算定、報告することとなり、パリ協定でも引き続き報告が求められている。基本的には各国に

おいて木材蓄積量が増えた場合は増加量分を吸収とみなし、逆に蓄積量が減少した場合は排出とみなされるが、ここで「各国における木材蓄積量」にはいくつかの考え方（アプローチ）があり得る。一つめは国内にある全 HWP を対象とするというもので、この場合は国内で利用している国産材と輸入材を対象とすることになる（蓄積変化法）。二つめは自国の森林に由来する HWP を対象とするもので、この場合国内で利用している国産材と輸出して海外で利用されている国産材を対象とする（生産法）。三つめは化石燃料と同様に扱う考え方で、HWP が廃棄された際に排出とみなすというアプローチである（大気フロー法）。第二約束期間から HWP を扱うにあたっては、これらに第一約束期間の扱いであった即時排出の考え方を加えた 4 アプローチについて検討が進められた。このような検討が必要であったのは、木材が輸出入により国境を超えて動くものであり、どのアプローチが採られるかによって各国の HWP による吸収・排出量が異なるという特性があるためである。京都議定書第二約束期間においては議論の結果生産法が採択され、日本でも生産法による算定手法の精緻化に取り組んできた。一方パリ協定においては京都議定書と異なりより多くの国が参加していることから、アプローチの選択などにある程度の幅を持たせたルールとなっている（表 2）⁷⁾。

このように京都議定書、パリ協定では木材の炭素貯蔵効果が吸収源として扱われ、日本を含めて世界各国は HWP による吸収・排出量を報告することとなっている。一方材料代替効果、化石燃料代替効果は排出削減効果であり明示的な扱いはされていない。しかしこれら 3 つの効果はいずれも木材利用に伴って発生するものであり、適切に評価して「見える化」することが木材利用による影響を考えるときには重要であると考えられる。また、前述のように木材利用と森林の吸収機能は密接な関係にあることから、吸収源対策においては森林と木材を一体として検討することが必要である。さらに地球環境保全の観点からは、木材利用について炭素収支の観点のみではなく、水資源や接着剤、塗料、薬剤など使用も含め、ライフサイクルアセスメント（Life Cycle Assessment：LCA）等の手法により正しく環境影響を評価し、なるべく影響を低下させることが必要で

表2 気候変動枠組条約制度下でのHWPの扱い

	制度	使用HWPアプローチ	利用するIPCCガイドライン
推計・報告	GHGインベントリ (附属書I国)	いずれも可	2006ガイドライン
	パリ協定GHGイン ベントリ	いずれも可 (PA付記)	2006ガイドラインおよびパリ協定締約国会合で合意されたIPCCガイドラインの改良版
削減目標	京都議定書 第2約束期間	即時排出/生産法	2013年議定書補足的方法論ガイダンス
	パリ協定NDC	ガイダンス	特定ガイダンスなし (推計はインベントリに合わせる)

文献7を改変

ある。

日本を3地域に分けて木材利用をモデル化しシミュレーションを行った研究例⁸⁾では、生産法による炭素貯蔵効果と材料代替効果は同程度の効果、化石燃料代替効果がやや大きい効果を持つとの推計結果が出ている。また森林と木材を一つのモデルとして扱った例⁹⁾では、木材利用と森林吸収はトレードオフ(木材利用を増やすと森林吸収が減少する)の関係にあるが、補完的な関係にもあり、木材を適切に利用することにより森林吸収量の減少分をカバーできることが示されている。

5. おわりに

今後のカーボンニュートラル社会への移行に向けて森林ならびに木材に向けられる期待は大きい。森林吸収量のうちに木材による吸収量が占める割合は小さいかもしれないが、木材利用なしに森林の吸収源機能を考えることはできない。前述のように吸収源対策においては森林と木材を一体のものとして検討する必要がある。

人間は材料を使わずに生きていくことはできない。材料選択を含む全ての行動に対し環境調和性を求められる時代にあって、代表的な生物材料、再生

可能資源であり、炭素貯蔵材料である木材を適材適所で活用することが不可欠である。

引用文献

- 1) 藤森隆郎 (2003) : 森林の二酸化炭素吸収の考え方, 紙バ技協誌, 57(10) : 1451-1457.
- 2) Buchanan AH (1990): Timber engineering and the greenhouse effect. In: IPENZ Annual Conference 1990, Proceedings of: Engineering, past, present and future: Building the environment; Volume 1: Civil; Institution of Professional Engineers New Zealand, 213-223.
- 3) 大熊幹章 (1990) : 木材利用と環境保全, そして知能性材料としての木材の可能性, 木材工業, 45:301-306.
- 4) 林野庁 (2011) : 第1章 第2節 木材需要拡大に向けたこれまでの取組, 平成22年度 森林・林業白書.
- 5) 有馬孝禮 (2003) : 木材の住科学—木造建築を考える, 東京大学出版.
- 6) 酒井寛二, 漆崎 昇, 中原智哉 (1997) : 建設資材製造時の二酸化炭素排出量経時変化と土木分野への影響, 環境システム研究, 25 : 525-532.
- 7) 佐藤 淳 (2021) : パリ協定下の伐採木材製品 (HWP) : 気候変動対策としての取り扱いの変遷と排出削減ポテンシャル, 木材保存, 47 (5) : 217-228.
- 8) Kayo C, Tsunetsugu Y, Tonosaki M (2015): Climate change mitigation effect of harvested wood products in regions of Japan. Carbon Balance and Management 10, 24.
- 9) Matsumoto M, Oka H, Mitsuda Y, Hashimoto S, Kayo C, Tsunetsugu Y, Tonosaki M (2016): Potential contributions of forestry and wood use to climate change mitigation in Japan, Journal of Forest Research, 21:5, 211-222.