

木材一次製品の国内生産量および輸入量を用いた炭素貯蔵量の試算

誌名	木材工業 = Wood industry
ISSN	00268917
巻/号	593
掲載ページ	p. 113-118
発行年月	2004年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



木材一次製品の国内生産量および輸入量を用いた 炭素貯蔵量の試算

相馬智明^{*1}, 有馬孝禮^{*2}

Carbon Stock by Domestic Wood Products and Imported Ones in Japan

Tomoaki SOHMA^{*1}, Takanori ARIMA^{*2}

^{*1}Building Research Institute

^{*2}Graduate School of Agrc. & Life Science, The University of Tokyo

Carbon stock estimations for buildings have been examined by many studies. In almost all studies, carbon stock quantity was calculated by the floor area multiplied by wood/floor area ratio which was actually measured. The number of buildings, however, which have been constructed and demolished without registrations or reports, is still so many in Japan that it cannot be neglected in order to estimate carbon stock correctly. This is a main problem in carbon stock estimation for buildings. To estimate carbon stock more correctly and efficiently, quantities of wood products made in Japan and imported ones were used in this report. Quantity of wood products has been surveyed as each figure; lumber, plywood, glulam, etc. The quantity data obtained for each figure was sorted as its uses; for building, civil engineering, packing, furniture and the rest. Lifetime of wood products was set on each use. Year-by-year variation of still-used wood products was approximated as a logistic curve. Half-lives of logistic curves were set as lifetimes of products. If a lifetime of products for buildings is 25 years and products keep to be made and imported by the same quantities as in 2001, the result was obtained that 109 million ton-CO₂ would be stocked as wood products in Japan from 2018 until 2022. The quantity corresponds to 1.8% of CO₂ emission in 1990.

1. はじめに

気候変動枠組条約締約国会議 (COP) では温室効果ガス排出抑制目標の達成のために、森林による CO₂ 吸収分を評価することになった。しかし、現在では樹木を伐採した時点で CO₂ 放出とみなされ、伐採後の木材の活用は CO₂ 収支に含まれないことになっている。木造住宅や木材製品として利用される木材は焼却や生物分解されない限り炭素を貯蔵しているとみなすことができ CO₂ 収支に貢献するものと考えられるが、木材に

よる炭素貯蔵を評価するか否かは現在 COP により検討中である。したがって、今後炭素貯蔵が CO₂ 収支評価に含まれた場合のために、貯蔵量を推定しておくこと、またその試算方法を確立しておくことは有意義である。

これまで木材の炭素貯蔵量の試算は、とりわけ建築用木材について行われてきた。それらの調査研究は、建築統計や固定資産概要調査の統計による各年の建築物の総床面積に、実測された床面積あたりの木材使用量を乗じることで全木材量を算出し炭素換算している^{1),2)}。しかし、届け出がなされずに建築・解体される建築物の数は無視できないほど多いため、建築統計の信頼性が低いことが指摘されており、また建築用途以外の用途に使

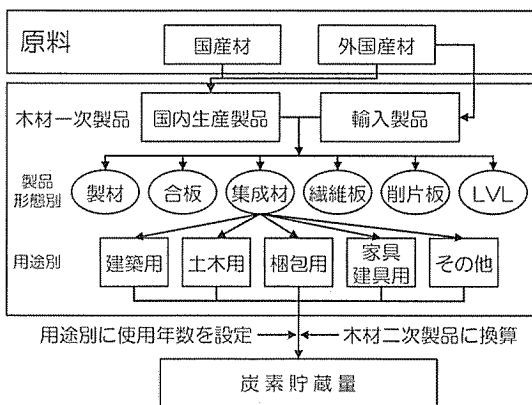
^{*1} 独建築研究所 材料研究グループ

^{*2} 東京大学大学院農学生命科学研究科
(現宮崎県木材利用技術センター)

用される木材については考慮されていない。そこで本研究では建築用途以外の木材による炭素貯蔵効果を考慮して炭素貯蔵量をより精緻に推定するために、木材一次製品の国内生産量および輸入量から炭素貯蔵量を推定することを試みた。また、貯蔵量の評価にあっては、いつの時点から貯蔵されたとみなすのかが議論の焦点となると予想されることから、シミュレーションとして、第2約束期間以降の期間となりうる2018～2022年の5年間で貯蔵を評価するとしたとき、設定される貯蔵開始年が貯蔵量にどの程度影響を与えるのかを調査した。

2. データの収集および分類

木材一次製品（以下一次製品）の国内生産および輸入データの分類を第1図に示す。一次製品の生産量および輸入量は製品形態別に統計がとられている。製品形態別データを各年における用途別の出荷量等に基づいて係数を設定し、それを一次製品量に乗じて用途別一次製品量として分類した。輸入一次製品の用途別振り分けには国内生産分と同じ係数を用いた。ここで、製品形態分類には、製材、合板、集成材、繊維板（HB、MDF、IB）、削片板（PB）、LVLの6種類を設定し、紙・パルプは除いた。一次製品の原料となる、丸太、単板・薄板、ほとんどが紙・パルプの原料となるウッドチップの量は試算に入れなかったこととした。用途別分類には、建築用、土木用、梱包用、家具建具用、その他の5種類を設定した。一次製品量のデータは、以下に示す各団体により調査された1990～2001年の値を用いた。



第1図 データの分類と炭素貯蔵量算出の概念図

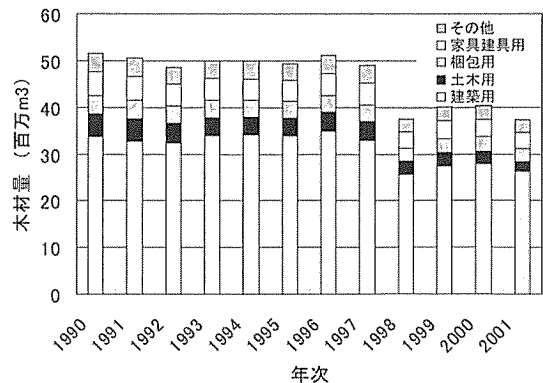
- 製材品出荷量：農林水産省「木材需給報告書」
- 合板生産量：農林水産省「合板統計」、
日本合板工業組合連合会「合板統計関連資料」
- 集成材生産量：日本集成材工業協同組合調べ
- 繊維版生産量：日本繊維板工業会調べ
- 削片板生産量：日本繊維板工業会調べ
- LVL生産量：全国LVL協会「LVL産業実態調査」
- 製品輸入量：財務省「貿易統計」

合板の用途別出荷量等のデータは、日本木材総合情報センター発行の「合板需要動向調査報告書（平成5年度）」³⁾を参考にした。統計データにおける合板の建築用項目には型枠用合板が含まれていると考え、全合板生産に占める型枠合板の割合と、型枠合板の86%が建築用であること⁴⁾から建築用型枠合板の量を算出し、建築用から除して後述の使用年数を1年とした。集成材、LVLの建具用については、建築用に加算した。

第1図に示されているように、原料が外国産材である国内生産製品があるが、一次製品の段階で調査された統計データを用いているため、その原料の国産材-外国産材割合については不明である。また輸出货量については相対的に無視できるほど少ない量であるとして考慮しなかった。

3. 一次製品量の推移

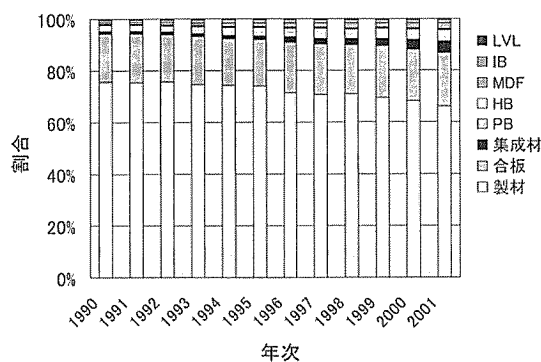
1990年から2001年までの国内生産量および輸入量から算出した用途別一次製品量の推移を第2図に示す。1998年以降、一次製品量の大幅な減少傾向が看取される。全一次製品量に対する各用途の



第2図 用途別木材一次製品量の推移

一次製品量をプロットし、得られた回帰直線の傾きから各用途の占める1990年から2001年までの平均割合を求めた。平均割合および回帰直線の相関係数を第1表に示す。建築用が7割弱を占めて最も多く、残りの用途は1割を下回り、家具用>土木用>その他>梱包用の順となった。

各製品形態が占める割合を第3図に示す。最も割合が大きいのは製材で、次いで合板>ボード類>集成材>LVLの順となった。ただし、LVLについては全国LVL協会に登録された企業分のみのデータであり、その企業数は十分でないと判断されるため参考程度に留めたい。推移についてみると、1990~2001年の間に、製材の割合は75.7%から66.2%へ減少した。合板は18.6%から20.6%へ上昇し、HB, MDF, IB, PBのボード類は4.5%から8.5%まで大きく上昇している。これらの理由として、木造住宅建築が面材を使う構法に移り変わっていること、製材工場残廃材や建築解体廃材等のボード類へのリサイクルが効果的に行われている結果、ボード類の生産・供給が安定し、その市場を拡大してきていること等が考えられる。



第3図 木材一次製品の製品形態別割合の推移

第1表 全木材一次製品量に対する用途別木材一次製品量の割合

用途	割合 (%)	相関係数
建築用	67.6	0.978
土木用	7.9	0.834
梱包用	7.5	0.946
家具用	9.3	0.969
その他	7.7	0.992

4. 炭素貯蔵量の試算

4.1 木材二次製品による炭素貯蔵量の換算方法

炭素重量の換算は、一次製品の形態分類の段階にて行った。材積として得られた形態別一次製品のデータに、第2表に示したそれぞれの製品の密度を乗じ気乾重量を算出した。いずれの製品形態も含水率15%として全乾重量を算出し、一般的に用いられている全乾木材の炭素組成割合0.5を乗じて炭素量を算出した。また、一次製品が貯蔵段階となる木材二次製品（以下二次製品）に加工される際の歩留まり率を0.8とし、二次製品による炭素貯蔵量を算出した。

第2表 設定した製品形態別密度

製品形態	製材	合板	集成材		
密度	0.5	0.5	0.5		
製品形態	HB	MDF	IB	PB	LVL
密度	0.85	0.7	0.35	0.7	0.5

4.2 ある年に生産された二次製品量の経年減少

各年に生産された二次製品の廃棄等による経年減少量の試算には以下に示すロジスティック関数を用いた。

$$S_{mt} = Y_m \cdot \frac{\text{Exp}\{-r(t-a)\}}{1 + \text{Exp}\{-r(t-a)\}} \quad (1)$$

Smt: m年において生産された二次製品のうちt年後に残存する二次製品量 (m³), Ym: m年に生産された二次製品量 (m³), r: 低下割合を表す係数, t: 時間 (年), a: 半減期 (年)

新設住宅着工戸数の除却による経年減少傾向を近似させるには、低下割合を表す係数rは0.2が妥当であるとされている⁵⁾。本研究にて設定した一次製品用途ごとの係数rは不明であるが、一次製品が主に建築用・家具用に用いられていること、家具用製品の廃棄までの期間は建築用製品とほぼ同等であろうことを考慮して、二次製品量の低下割合を表す係数rは全用途において0.2の定数とした。半減期aとは、ここではm年に生産された二次製品量が廃棄されて半分になるまでの年数であり、これを二次製品の使用年数と定義した。

4.3 m年からn年に出荷されn年に残存する全二次製品量

m年からn年まで (m<n) の各年の二次製品量は (1) 式によって経年的に減少傾向を示すとした。これより, m年からn年に生産された全ての二次製品量がn年に残存する量 T_{mn} は, 以下の式で表される。

$$T_{mn} = \sum_{k=m}^n S_{k(n-k)} = \sum_{k=m}^n Y_k \cdot \frac{\text{Exp}\{-r(n-k-a)\}}{1+\text{Exp}\{-r(n-k-a)\}} \quad (2)$$

4.4 二次製品の使用年数および一次製品量変動傾向の設定

二次製品による炭素貯蔵量を式(2)によって試算するために, 二次製品の使用年数を用途別に設定した。また, 将来的試算には2002年以降の一次製品の生産および輸入量の変動を仮定する必要があるが, それぞれの用途において, ①2001年の実績で一定とした場合 (シナリオ1) と, ②1990~2001年の変動傾向を直線回帰し, その傾きに従って2002年以降を外挿した場合 (シナリオ2) の2種類のシナリオを設定した。シナリオ2では, 今後日本の全人口が2007年でピークを迎え住宅必要戸数が減少し, 合わせて木材需要も減少するという予想に基づいて, 近年で減少傾向を呈している1990~2001年を採用した。設定した用途別の使用年数と, 1990~2001年までの炭素貯蔵量の推移を直線回帰して求めた傾きと相関係数を第3表に示す。

第3表 用途別使用年数と直線回帰式

用途	使用年数	回帰式	
		傾き(千ton-C/年)	相関係数
建築用	25, 35, 50	-147.1	0.729
土木用	1	-48.7	0.938
梱包用	5	-24.1	0.889
家具用	25	-28.5	0.856
その他	1	-24.5	0.833

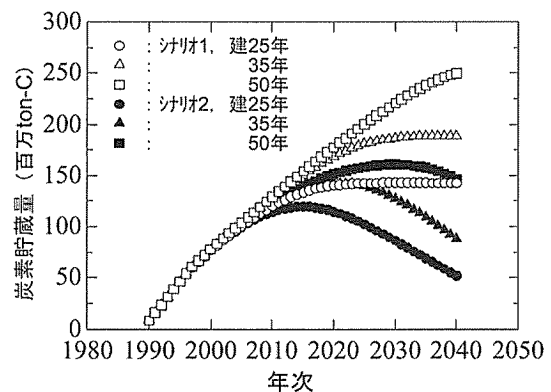
建築用の使用年数は, 25, 35, 50年の3種類を設定した。土木用はコンクリート型枠用合板等が大部分を占めると考えられ, 単年での廃棄が想像されるため1年とした。梱包用では再使用木製パレットが含まれることを考慮して5年, 家具建具

用では25年とした。また, その他では用途が不明なため最低1年は使用するという下限として1年を設定した。

5. 試算結果

5.1 全用途による炭素貯蔵量

炭素貯蔵量の試算結果を第4図に示す。2002年以降の一次製品の生産量および輸入量が2001実績で一定であると仮定したシナリオ1の場合 (図中○, △, □), 貯蔵量は1990年からほぼ直線的に増加してその後一定になる。使用年数の増加は貯蔵量の最大値を決定する要因である。2040年の時点では, 使用年数25年で142百万 ton-C, 35年で189百万 ton-C, 50年で250百万 ton-Cと算出された。一方, 2002年以降の一次製品の生産量および輸入量が1990~2001年の傾向で減ずると仮定したシナリオ2の場合 (図中●, ▲, ■), 使用年数25年は2015年, 35年は2021年, 50年は2030年でそれぞれ貯蔵量が最大を示し, その後減少した。建築用二次製品の使用年数を25年とした貯蔵量の最も少ない場合でも, 2040年には52百万 ton-Cを貯蔵できると試算された。



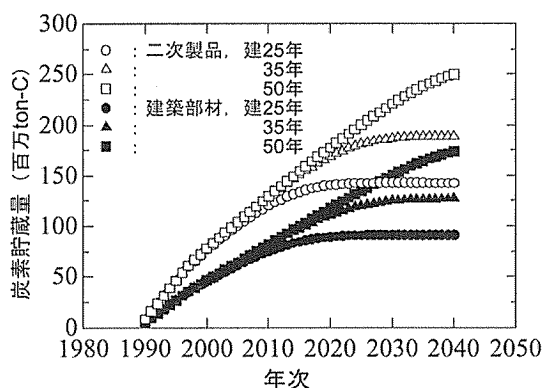
第4図 木材二次製品による炭素貯蔵量の推移

5.2 着工建築物延べ床面積による試算との比較

一次製品の生産量および輸入量の統計から算出した二次製品による炭素貯蔵量と, 一般建築物および住宅の延べ床面積を用いた建築統計から算出した貯蔵量とを比較した。建築統計年報⁶⁾より得た1990~2001年の着工建築物延べ床面積に単位床面積当りの木材使用量を乗じ, 着工建築物に建築部材として貯蔵される木材炭素量を算出した。算

出に用いた木材使用率は一般建築物と住宅と同様とし木造で0.174m³/m²、非木造で0.035m³/m²とした⁷⁾。炭素貯蔵量の換算は、密度を一律0.5として材積に乘じ、4.1と同様に含水率補正をして炭素組成割合を乗じて行った。1990～2001年における各年での炭素貯蔵実績を比較すると、二次製品による炭素貯蔵量は建築統計を用いて算出された炭素貯蔵量に対して、1990～2001年の平均で1.97倍（標準偏差0.09）であった。2002年以降の着工建築物延べ床面積の変動は1999から2001年までの3年間の平均値で一定であると仮定した。ここで比較対照として、シナリオ1にて算出された二次製品による炭素貯蔵量の値を用いた。

算出結果を第5図に示す。1990年から2040年に建築統計を用いて算出された炭素貯蔵量は、建築部材の使用年数25、35、50年でそれぞれ91百万ton-C、127百万ton-C、174百万ton-Cとなった。これに対して、一次製品の生産・輸入統計を用いて算出された二次製品による貯蔵量は、それぞれ1.56倍、1.49倍、1.44倍となった。以上の結果から、炭素貯蔵量を試算する場合には、建築統計に基づくよりも一次製品の生産および輸入の統計による方が、木材活用による人為的炭素貯蔵をより効果的に評価することになると言える。



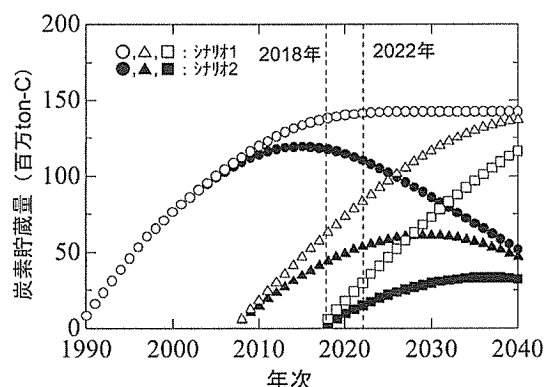
第5図 全木材二次製品による貯蔵量と建築統計を用いた建築部材のみによる貯蔵量との比較

5.3 炭素貯蔵量に与える貯蔵開始年の影響

貯蔵量の評価にあたって、いつの時点から貯蔵されたとみなすのかが問題となると予想される。そこでシミュレーションとして、木材による炭素貯蔵効果が評価される可能性のある第2約束期間以降の期間となりうる2018～2022年で炭素貯蔵を評価するとしたとき、設定される貯蔵開始年が貯

蔵量にどの程度影響を与えるのかを調べた。1990年、2008年、2018年のそれぞれを貯蔵開始年とした試算を行った。いずれの貯蔵開始年でも、一次製品の生産量および輸入量はシナリオ1およびシナリオ2で推移するとし、また建築用二次製品の使用年数は25年と設定した。

試算結果を第6図に示す。1990年、2008年、2018年で貯蔵を開始した場合、設定期間の最終年である2022年において、シナリオ1でそれぞれ141百万ton-C、83百万ton-C、30百万ton-C貯蔵すると試算され、シナリオ2でそれぞれ110百万ton-C、54百万ton-C、15百万ton-C貯蔵すると試算された。貯蔵開始年が早い方が設定期間の最終年で炭素貯蔵量が多いと言えるが、設定期間中に評価される貯蔵量は2023年1月1日までに貯蔵された量と2018年1月1日に貯蔵されていた量との差であるため、その5年間で増えた分の貯蔵量を考える必要がある（第6図点線間）。設定期間で貯蔵される炭素量をCO₂量に換算した結果を第4表に示す。



第6図 炭素貯蔵量に与える貯蔵開始年の影響

第4表 貯蔵開始年と設定期間における貯蔵CO₂

貯蔵開始年	シナリオ1		シナリオ2	
	CO ₂ (百万t)	割合(%)	CO ₂ (百万t)	割合(%)
1990	16.2	0.3	-30.7	-0.5
2008	93.8	1.5	46.1	0.7
2018	109.3	1.8	55.0	0.9

※割合とは、1990年のCO₂放出量に対する2018～2022年の1年あたりのCO₂貯蔵量の割合を示している。

シナリオ1およびシナリオ2において、貯蔵開始年が遅くなる程より多くのCO₂を貯蔵すると算出された。これはロジスティック関数によって表された貯蔵量の増分が、貯蔵の初期段階で大き

くなることに起因している。したがって、ロジスティック関数を用いて貯蔵量を試算する際には、貯蔵開始年を約定期間の初年にすると貯蔵量を最大にすることができる。シナリオ1で2018年を貯蔵開始年とした場合、すなわち2018～2022年の5年間において2001年の実績で一次製品の生産および輸入を続け2018年を貯蔵開始年とした場合、109百万t-CO₂が貯蔵されると算出された。この結果は、設定期間5年間の平均で1990年水準⁸⁾の1.8%に相当する。

シナリオ2において1990年を貯蔵開始年とした場合、貯蔵量がマイナスと算出された。これは主な用途の使用年数を25年としているため、貯蔵量は25年後の2015年にピークを迎え、設定期間においてはすでに減少段階に入っていることが原因である。一次製品の生産・輸入量が低下し続けた場合、貯蔵開始年を約定期間の初年から使用年数分以前とすると、約定期間での貯蔵量変動はマイナスとなりCO₂放出とみなされる。

6. まとめ

一次製品の生産量および輸入量から炭素貯蔵量の試算を試みたところ、以下の結果が得られた。

- ①貯蔵量の最も少ない場合でも、2040年には二次製品として52百万ton-Cを貯蔵できると試算された。
- ②1990年から2040年に建築物に貯蔵される炭素量を建築統計から試算し、一次製品の生産・輸入統計による試算結果と比較した。建築用二次製品の使用年数を25、35、50年としたとき、一次製品の生産・輸入統計による値は建築統計のそれに比べてそれぞれ1.56倍、1.49倍、1.44倍となり、一次製品の統計による試算の有効性が確かめられた。
- ③木材による炭素貯蔵が2018～2022年の5年間で

評価されるとしたとき、1990年、2008年、2018年のそれぞれを貯蔵開始年として試算したところ、貯蔵開始年が遅くなる程その期間でより多くのCO₂を貯蔵すると算出された。2001年実績で一次製品の生産および輸入が継続し、貯蔵開始年を2018年とするならば、設定期間5年間のCO₂貯蔵量は平均で1990年水準の1.8%に相当する。

謝 辞

本研究をまとめるのにあたり、ご助言を頂戴した(株)森林総合研究所構造利用研究領域・恒次祐子氏、(財)日本木材総合情報センター調査情報部・佐々木亮氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 有馬孝禮：森林文化研究，13，109-119，(1992)
- 2) 森林総合研究所，国立環境研究所地球環境センター：国際ワークショップ報告書，91-97，(2001)
- 3) (財)日本木材総合情報センター：合板需要動向調査報告書（平成5年度），17，(1994)
- 4) 特集 平成5年度合板需要の動向：建材マンスリー，31(343)，1-5，(1994)
- 5) 青井秀樹，有馬孝禮：森林文化研究，21，127-135，(2000)
- 6) 国土交通省 総合政策局：建築統計年報，(2002)
- 7) 岡崎泰男，大熊幹章：木材工業，53(4)，161-165，(1998)
- 8) 環境省：環境統計集（平成14/15年版），<http://www.env.go.jp/doc/toukei/index.html>，(2003) (2003.7.10受理)