

東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻 修士論文要旨  
産業用木材製品の需要推計とそれに基づく低炭素化の評価

～中国を対象として～

循環型社会創成学分野 石橋秀明 47-106654 2012年3月修了予定

指導教員：亀山康子教授 田崎智宏准教授 森口祐一教授

キーワード：木材 炭素蓄積 CO<sub>2</sub>削減 システムダイナミクス 中国

### 1. 研究の背景と目的

木材資源は社会の中で様々な製品に加工されて消費されている。その消費量は経済成長と共に増大する傾向にあるため、途上国において今後更に需要が高まると予測される。その中でも中国は、経済成長と人口増加が相まって、需要量の伸びは他国よりも大きいと考えられる。森林総合研究所の推計では、中国は2030年において約5億m<sup>3</sup>(2030年時対世界消費量比約20%)の木材資源需要を有すると予測されている[1]。

こうした需要の高まりは、森林面積減少と木材製品蓄積量の増加をもたらすと考えられる。事実、世界の木材製品の年間炭素蓄積増加量はおよそ1億t-Cと推計され [2]、その量を炭素固定分として新しく考えるべきであるという考えが提唱されている。また、木材製品は他の素材に比べ生産過程でのエネルギー消費が少ないことが多いことや、資材として使用できないものは熱回収することが可能である。木材製品のこれら3つの有用性はそれぞれ「炭素蓄積効果」、「省エネルギー効果」、「化石燃料代替効果」と呼ばれ [3]、それぞれCO<sub>2</sub>排出量を削減する効果と理解することができる。つまり、木材製品の需要増大には森林伐採が必要になるものの、木材製品を適切に活用する事で低炭素社会構築の一手段になりうると言える。

そこで本研究では、今後の需要増加が見込まれる中国を対象に、木材製品の需要増大が低炭素社会に与える影響を明らかにすることを目的とした。その為に、木材製品需要量を推計するモデルを構築し、それに伴うCO<sub>2</sub>排出量削減量を推計した。

### 2. 製品と用途の分類

木材製品の需要を推計する上で明らかにしなければならない事は、木材がどこからどこへ流れているのかという事である。木材製品が消費者の下に届いて消費されるまでの一連の流れを考えると、木材はまず製品に加工され、そして消費者の需要が存在する用途へと流れて行く。つまり、用途毎に考える方が消費者の立場に近い観点であり、需要の変動をより推測しやすいと考えられる。そこで、木材製品需要量は、製品別だけでなく、用途別にも推計することとした。本研究で考える各製品・各用途の関係性を図1に示す。

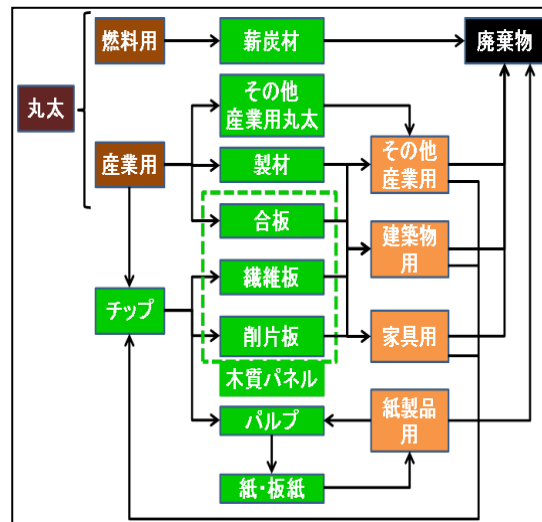


図1 各用途と各製品の関係

### 3. モデルの概要

“STELLA”を用いて、木材製品需要量とそれに伴うCO<sub>2</sub>排出量削減量を推計するシステムダイナミクスモデルを作成した。

表 1 用途・製品別の木質素材消費量原単位<sup>2</sup>

	製材	合板	ブロック ボード	繊維板	削片板	OSB
住宅構造用 (m <sup>3</sup> /million m <sup>3</sup> )	7,250	7,000				13
住宅内装用 (m <sup>3</sup> /million m <sup>3</sup> )	10600	8700	8425	7250	1250	
非住宅構造用 (m <sup>3</sup> /million m <sup>3</sup> )	4,470	4,000				4
非住宅内装用 (m <sup>3</sup> /million m <sup>3</sup> )	1370	1360	3700	535	370	
家具用 (m <sup>3</sup> /Index Unit)	19750	11250	2625	36850	18500	
その他産業用 (m <sup>3</sup> /Index Unit)	13080	13500	630	5100	1800	600

### 3.1. 各木材製品需要量の計算

新規竣工面積から建築物用需要量を、家具生産量から家具用需要量を、その他産業生産量からその他産業用需要量を、それぞれの値に基づいて計算した。紙製品用需要量は、紙・板紙消費量と同量とし、GDP と消費量の関係と将来人口から求めた。

丸太需要量については、製品別需要量に各丸太換算係数を掛け合わせ、リサイクル量や端材利用量を差し引いた値を丸太需要量とした。この値が中国における各年の木材資源消費総量を表している。

### 3.2. 各 CO<sub>2</sub> 排出量削減効果の計算

木材製品の総炭素蓄積量 C<sup>all</sup>(t) は、

$$C^{all}(t) = 0.5 \sum_1^t \sum_{k=t_0}^t (D^i(k) \times RR^i(k - t_0))$$

で表され、これが炭素蓄積効果として計上される値である。計算に用いた用途別残存率 RR<sup>i</sup> を表 2 に示す。

省エネルギー効果は、木材消費量の増加によって代替された他資材とのエネルギー消費量の差分によって計算される。そこで、計算は、中国における主要材料別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位と各製品単位当たり部材量で行う。

最後に、化石燃料代替効果は、廃木材製品等から回収した熱エネルギー分だけ化石燃料が代替されたという考え方にに基づく。そこで、木質素材と化石燃料の熱量原単位及び化石燃料の CO<sub>2</sub> 排出量原単位から計算する。

表 2 木材製品の平均寿命・残存率を表す関数  
(用途別)

用途	平均寿命	関数
建築物用	30年	ロジスティック関数
家具用	20年	ロジスティック関数
その他産業用	25年	ロジスティック関数
紙製品用	約3年	指数関数

## 4. 初期値設定とシナリオ作成

### 4.1. 初期値や各変数の設定

GDP と人口に関しては IASA が公開しているデータ [5] (2050 年まで) を用いた。

「新規竣工面積」は、国内の延床面積が統計値や目標値に概ね合致する様に設定した。

「家具生産量」と「その他産業生産量」は統計値から、その増加率の逡減傾向を基に将来の生産量を設定した。

木材製品のリサイクル率は、紙製品は過去の統計値から推測して「2010 年以降毎年 0.06 ポイント向上」とし、建築用・家具用・その他産業用は 15% と設定した。

### 4.2. シナリオの作成

ここまでで設定した変数に基づいて計算する場合を標準シナリオとする。そして、各効果を増大させる為に各変数を変化させるシナリオを 3 つ作成した。

#### ○平均寿命延長シナリオ

木材製品の平均寿命を延ばす事で得られる炭素蓄積効果の増大量を検討する。表 2 に示す平均寿命を、紙製品は変えず、紙製品以外について、平均寿命を 2 倍にするシナリオを設定した。

#### ○リサイクル率向上シナリオ

需要量を一定とし、リサイクルによって新たに必要とする木材資源量をどの程度抑制できるかを検討する。変数の設定は、紙製品に関しては毎年 0.12 ポイント向上し、紙製品以外の用途に関しては毎年 0.05 ポイント向上するシナリオを設定した。

#### ○木材製品需要増加シナリオ

木造率の上昇などの木材製品の需要が高まる事で、3 つの効果がどこまで発揮されるのかを検討する。需要量の増大は、表 1 に示す各原単位の値を増大させる事で表現する。原単位が毎年 1% 上昇するシナリオを設定した。

<sup>2</sup> Index Unit とは 2000 年での消費量を基準値 100 とした値

## 5. 計算結果

まず、標準シナリオの計算結果を示す。

及び図 3 は、2050 年までの用途別及び製品別需要量を丸太換算した結果である。用途別で見ると、家具と紙製品の需要量の増加が著しい。紙製品は GDP と人口との相関が強い為に、経済発展と人口増大の予測結果に引っ張られる形で需要量が大きく伸びる結果となった。一方、家具用需要量が大きく伸びている理由は、2000 年以降の生産量の伸びが著しい事を受けて、しばらくはその高い成長率が続く事を見込んでいる為である。建築物は木材の使用率が低いので、低い需要量におさまっている。製品別で見ると、家具の原単位が大きい製材と繊維板が大きく伸びている。この二つの消費量は 2050 年には丸太換算量で共に約 1.5 億 $m^3$ に達し、2010 年消費量と比較してそれぞれ約 2.3 倍と約 3.3 倍である。

続いて、炭素蓄積量とその変化量の計算結果を図 4 に示す。合計値は、2010 年に約 54 億 t-C、2030 年に約 123 億 t-C、2050 年に約 197 億 t-C に達する。森林の吸収量に相当する炭素蓄積量の変化量を見てみると、2010 年に約 2440 万 t-C/yr、2030 年に約 4000 万 t-C/yr、2050 年に約 2600 万 t-C/yr という計算結果になった。2008 年の中国の二酸化炭素排出量は炭素換算すると約 19 億 t-C なので、木材製品の炭素蓄積効果は中国において 1%前後の削減効果を発揮していることになる。

続いて、各シナリオの計算結果を見ていく。まずは、平均寿命延長シナリオを見る。こ

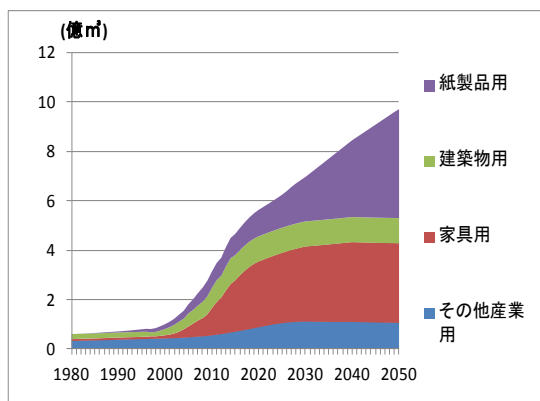


図 2 用途別丸太換算木材需要量(標準シナリオ)

のシナリオでは炭素蓄積効果がどの程度増大するかを見たいので、炭素蓄積量の計算結果を図 5 に示す。結論として、標準シナリオのおよそ 1.35 倍程度で推移していく。2050 年に

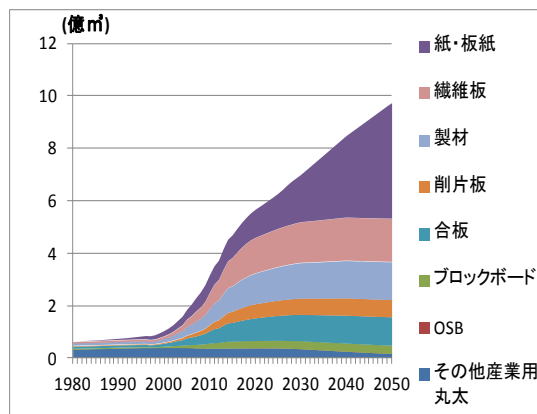


図 3 製品別丸太換算木材需要量(標準シナリオ)

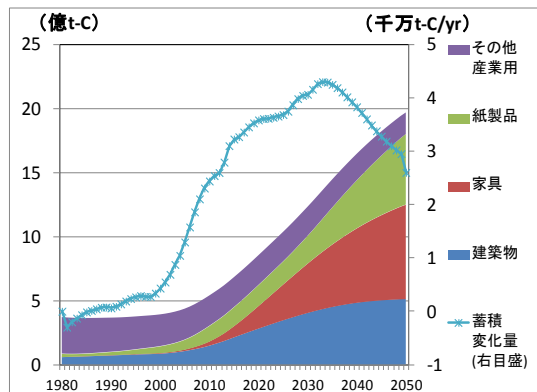


図 4 用途別炭素蓄積量と合計蓄積変化量(標準シナリオ)

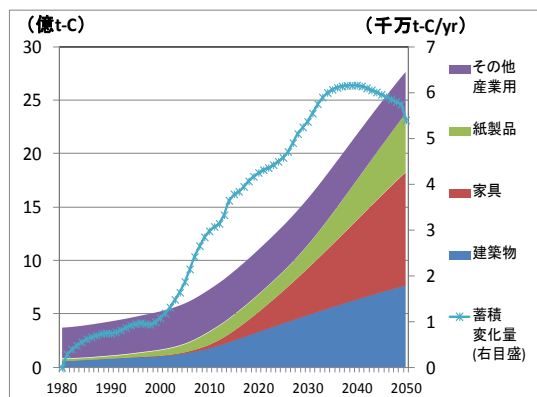


図 5 用途別炭素蓄積量と合計蓄積変化量(平均寿命延長シナリオ)

における炭素蓄積量は、標準シナリオと比較して、累計で約 8 億 t-C 多い。つまり、年平均で約 1100 万 t-C 多い炭素蓄積変化量である。また、最大の炭素蓄積変化量は 2040 年付近の約 6040 万 t-C/yr であった。

続いて、リサイクル率向上シナリオに移る。図 6 に、標準シナリオとリサイクル率向上シナリオにおける古紙パルプ及び再生チップの生産量を示す。リサイクル率の向上によって、2010 年～2050 年の 40 年間で「古紙パルプ：約 10 億 t」「再生チップ(廃材由来)：約 4.6 億 m<sup>3</sup>」の増産がもたらされる計算結果となった。これは単純に丸太換算すると、合計で約 38 億 m<sup>3</sup> である。ゆえに、年平均で約 1 億 m<sup>3</sup> の丸太消費量を抑制出来る。

最後に、需要増加シナリオの結果をまとめる。このシナリオでは、需要の増加に伴って、各効果が全て比例して増大する事が予想される。炭素蓄積効果について図 7 に示す。需要

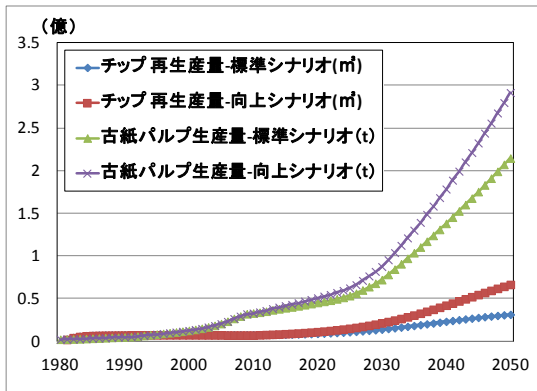


図 6 古紙パルプ及びチップの再生産量の比較 (標準シナリオとリサイクル率向上シナリオ)

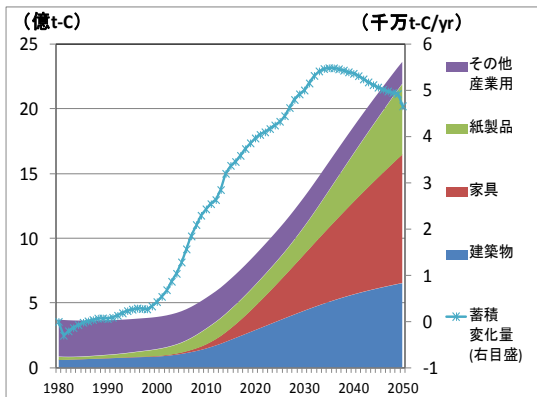


図 7 用途別炭素蓄積量と合計蓄積変化量 (木材製品需要増加シナリオ)

表 3 2050 年における丸太需要量と蓄積変化量の比較(標準シナリオと需要増加シナリオ)

	標準シナリオ	需要増加シナリオ
丸太需要量(億 m <sup>3</sup> )	9.08	11.32
木材製品蓄積増加量(億 m <sup>3</sup> )	1.04	1.86
流入量に占める蓄積増加量の割合	11.45%	16.43%

量が增大した事によって、蓄積量と蓄積変化量が增大している。標準シナリオと需要増加シナリオとで 2050 年における丸太総需要量と蓄積変化量を比較した結果を表 3 にまとめた。需要増加シナリオでは、木材製品蓄積増加量が 1.8 倍となった。

省エネルギー効果、化石燃料代替効果の結果については省略する。

## 6. まとめ

中国における木材製品の需要については、現状の推移を辿れば、2050 年において約 9～11 億 m<sup>3</sup> に達する可能性が示された。ただし、リサイクル率の向上に因り、丸太消費量を年間約 1 億 m<sup>3</sup> 抑制することが出来る

また、木材製品の炭素蓄積量の増加に伴う CO<sub>2</sub> 削減効果は、最高で年間 6000 万 t-C に達することが分かり、無視すべきでない効果を秘めている。

木材製品需要の増大は、中国社会が低炭素社会に移行する上で考慮すべき要因であり、今後森林の炭素蓄積変化と合わせた評価を行っていく必要がある。

## 7. 参考文献

1. 森林総合研究所. 森林・林業・木材産業の将来予測. 日本林業調査会, 2006.
2. Forest Harvests and Wood Products: Source and Sinks of Atmospheric Carbon Dioxide. WinjumKJack, et al. 1998 年, Forest Science, Vol 44 , 272-284.
3. 外崎真理雄, ほか 木材利用部門における炭素貯蔵量評価モデルの開発. <http://www.env.go.jp/earth/suishinhi/wise/j/pdf/J06B0060140.pdf>
4. RISI. China Timber Supply Outlook. 2011.
5. IIASA. The GGI Scenario Database. <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/ggi/GgiDb/dsd?Action=htmlpage&page=about>.