

建築用木材の資源循環性とその活用方法に関する研究 ～木造住宅を中心とした木材のライフサイクル分析～

Research on Recycling and Efficient Use of Wooden Construction Materials
～Life Cycle Analysis of Wood Used for Wooden House～

学籍番号 66823
氏名 伊吹 美佳 (Ibuki, Mika)
指導教員 清家 剛 准教授

1. はじめに

1-1 研究の背景と目的

近年の地球環境問題の深刻化に伴い、環境負荷の小さな建築資材として木材が注目を集めている。木材は、森林でCO₂を吸収すること、製造にかかるエネルギーが他の主要建築資材（鉄・コンクリート）と比較して小さいこと、カスケード型の再資源化が可能なことなどから「環境にやさしい」材料として捉えられているが、鉄やコンクリートと比較してリサイクル率は低く、資源循環フローにも不明な点が多い。そのため、木材のライフサイクル（以下LC）全般にわたった環境性能の評価はほとんど行われていないのが現状である。

そこで、本論の目的を、

- ①建築用木材の資源循環フローの実態把握を聞き取り調査・現地調査により行う。
- ②木造住宅の構造部材のLCについてシナリオを設定し、LCCO₂分析を行い、その結果に影響を与える要因について考察を行う。
- ③木材の資源循環を円滑に進めるための方策について考察を行う。 の3点とする。

1-2 研究の対象と方法

本論は、3つの調査により得られた知見を元に構成されている。各調査の内容及び方法を表1に示す。また、本論で「再資源化」とは、主製品の製造時に発生する副産物や使用済み製品を原料として新たな製品を製造することをさす。

表1：調査対象と調査方法

調査名	調査内容	調査方法	調査期間	調査対象企業数	研究目的と調査で得られた知見との対応								
					フローの把握(目的①)		LCCO ₂ 分析(目的②)						要因の考察(目的③)
					伐採	製材	再加工	流通	施工	再資源化	最終処分		
秋田県産材を対象とした調査	い 秋田県内の木材関連業者を対象として、各業者が秋田県内の木材循環の中で果たす役割や他業者との関わりを調査し、秋田県内の木材循環フローを明らかにした。	聞き取り調査・現地調査	05.9～'07.6	40	伐採～最終処分								
	ろ 秋田産製材品が首都圏に出荷され、住宅部材として使用された場合を想定し、首都圏内の再資源化業者を対象として、首都圏内の木材の再資源化フローを明らかにした。		'06.8～'06.10	3	再資源化								
	は 秋田県内の製材業者・再資源化業者を対象として、工場内の使用電力・燃料量、製品・副産物の輸送距離等を調査し、秋田県内で生産される製材品の生産過程におけるCO ₂ 排出量を求めた。		06.11～'06.12	5									
	に 秋田県内の伐採、在来構法住宅施工、各種再資源化方法によるCO ₂ 排出量に関して、既往研究・文献調査を行った。	文献調査											
北欧産材を対象とした調査	ほ 北欧(フィンランド・スウェーデン)で木質パネルの芯材を製造している日本の工業化住宅メーカー2社(M,S社)を対象として、住宅施工までのフローを明らかにした。	聞き取り調査・現地調査	07.9(北欧)	6(北)	伐採～施工								
	へ M,S社の木質パネル製造に関わる業者を対象として、生産過程におけるCO ₂ 排出量を求めた。		'07.11(日本)	4(日)									
	と 北欧における伐採によるCO ₂ 排出量、国際輸送、木質パネル構法住宅施工によるCO ₂ 排出量に関して、M,S社の関連報告書・既往研究の文献調査を行った。	文献調査											
循環促進方策の調査	ち 建築用木材の資源循環を促進させるための方策を運用している事業者(林野庁・産直住宅供給事業者など)を対象として、各方策の内容及び対象、運用状況などを明らかにした。	聞き取り調査・現地調査・文献調査	07.3～'07.11	5									

2-3 資源循環フローの比較

2つのフローを比較すると、秋田県産材の再現化フローは関わる事業者が多く、副産物の質や種類に合わせて多様な再資源化方法が選択されているのに対し、北欧における再資源化フローは関わる事業者の数が少なく単純である。また、木質パネル構法は接合金物・接着剤の使用が多く、解体材の質が低下しやすいため解体後の再資源化フローは低レベルなものとなりやすいが、一方で工場生産が多い住宅メーカーの強みを活かし工場発生端材と解体材を粉状にし、再生建材を製造するなど特徴的な取り組みも見られる。今回の調査では、生産地・構法の異なる2つの資源循環フローを確認することができた。次項では、これらの違いがLCCO₂の値に及ぼす影響を考察する。

3. 建築用木材のLCモデル化とLCCO₂分析

3-1 LCモデル

前項の実態調査を元に、木造住宅の構造部材のLCを(1)生産段階、(2)使用段階(3)再資源化段階の3段階に分解する。段階ごとに数種のシナリオを設定し、それらのシナリオを組み合わせることで建築用木材のLCモデル化を行う。各シナリオの特徴およびCO₂排出量の試算結果を図2に示す。

3-2 各段階のCO₂排出量の試算

CO₂排出量の試算に関して、本梗概では聞き取り調査(表1調査は・〜)により具体的なデータが多く得られた生産段階についてのみ詳しく述べることにする。

(1) 生産段階

「生産段階」は伐採～輸送ア～製材+乾燥～輸送イ～再加工～輸送ウ～施工の7つの小段階から構成される。設定したシナリオは「地産地消型」(以下A型)、「一般流通型」(J型)、「輸入型」(I型)の3通りである。各シナリオのCO₂排出量計算結果を図3に示す。CO₂排出量総計は、「A型」(180) < 「J型」(196) < 「I型」(213)となった。

A型、J型は、伐採、製材+乾燥によるCO₂排出量の影響が大きくなった。製材+乾燥の値がI型と比較して非常に大きくなっているのは、調査対象工場が製材乾燥工程に木くず焚きボイラーを導入しておらず、重油焚きボイラーのみを使用していたためである。輸送イでは秋田・東京間の移動によりJ型の値が、輸送ウでは再加工場・施工現場間の頻繁な往復のためにA型の値が大きくなった。再加工(A型：大工の手刻み、J型：プレカット)の値はどちらも小さかった。一方I型は、輸送イと再加工(パネル化)、施工の値が大きくなった。輸送イの95%がフィンランド・日本間の海上輸送に

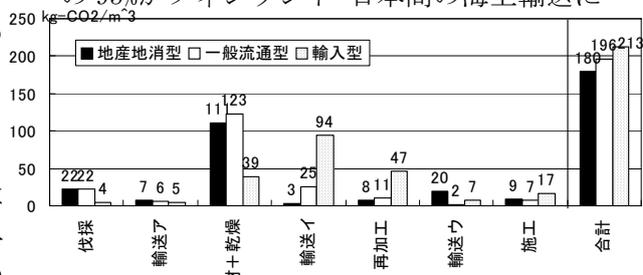


図3: 生産段階のCO₂排出量

生産段階			使用段階			再資源化段階		
名称	特徴	CO ₂ 排出量	名称	特徴	CO ₂ 排出量	名称	特徴	CO ₂ 排出量
地産地消型(A型)	秋田県内で伐採・製材加工・施工を行う。伝統軸組構法	180	30年	品確法等級1に相当	0	リユース型(RU型)	古民家解体時に発生する古材を再加工し、部材としてリユースする。	27
一般流通型(J型)	秋田県内で伐採・製材加工を行い、首都圏でプレカット・施工を行う。軸組構法	196	60年	品確法等級2に相当。住宅平均寿命に近い値。	0	マテリアルリサイクル型(MR型)	解体材をチップ化し、PBを製造し、建築資材としてマテリアルリサイクルする。	77
輸入型(I型)	北欧(フィンランド)で伐採・製材を行い、海上輸送で日本まで輸送する。日本でパネル化・施工を行う。木質パネル構法	213	90年	品確法等級3に相当	0	サーマルリサイクル型(TR型)	解体材をチップ化し、バイオマス発電の燃料とし、サーマルリサイクルする。	7
			解体によるCO ₂ 排出量: 31			最終処分型(F型)	解体材(防蟻処理材など)を最終処分場に埋め立てる。	10

図2: 建築用木材のライフサイクルモデルとCO₂排出量試算結果(CO₂排出量単位: kg-CO₂/m³)

よるもので、長距離輸送の影響が出た。またフィンランドにおいては伐採・製材作業が効率的に行われており、さらに電力原単位が小さい（自然エネルギーの割合が高い）ことから伐採、製材+乾燥段階の値はA型、J型より非常に小さくなった。

(2) 使用段階

「使用段階」は30, 60, 90年の使用期間を設定する。使用段階に構造部材の補修等は行わないものとし、CO₂排出量は0と考える。

(3) 再資源化段階

「再資源化段階」では、「リユース型」(RU型)、「マテリアルリサイクル型」(MR型)、「サーマルリサイクル型」(TR型)、「最終処分型」(F型)の4つのシナリオを設定し、文献調査など(表1 調査に・へ)から、図2に示したCO₂排出量を求めた。なおRU型、MR型、TR型、F型の使用期間はそれぞれ60年、30年、0年、0年とする。

3-3 LCCO₂分析

3-2を元に、建築用木材のLCモデルを組み立てる。想定したモデルを表3に示す。モデル化の際には、建築用木材の様々なLCを捉えることができるよう、使用・再資源化段階においてCO₂排出量、使用期間に最も差がでると考えられるモデルを2つ(α , γ)ははじめに設定し、これらの中間のモデル1つ(β)を設定した。そして、生産段階のA, J, I型と α , β , γ の組み合わせにより9つのLCモデルを作る。

表3: LCCO₂ 分析のための想定モデル

生産段階		使用段階	再資源化段階
A型	α	90年	解体→RU→解体→MR→TR→F
J型	β	60年	解体→MR→TR→F
I型	γ	30年	解体→TR→F

各モデルのLCCO₂ (単位 kg-CO₂ /m³)、使用期間、LCCO₂/使用時間について、生産段階ごとの最大値・最小値を表4に示す。LCCO₂/使用時間は以下のように計算した。

$$\frac{\text{生産段階のCO}_2\text{ 排出量} + \text{再資源化段階のCO}_2\text{ 排出量}}{\text{使用段階の使用期間} + \text{再資源化段階の使用期間}}$$

今回設定した9つのモデルでは、生産段階ごとに見れば α , β , γ の順にLCCO₂の値

は小さくなり、LCCO₂/使用時間は大きくなった。また、生産段階で最もCO₂排出量の多いI型でも、I- α とA- γ を比較するとI- α のほうがLCCO₂/使用時間は小さくなった。これより、 α のように再資源化を繰り返すとLCCO₂は増加する一方、使用時間の長期化につながり、時間当たりのCO₂排出量は大きく削減できるといえる。なお今回の試算は、製品1 m³あたりのCO₂排出量を計算したものであり、生産過程における副産物は考慮していない。また、森林でのCO₂吸収量や成長時間も考慮していない。

表4: 木材の使用期間に着目したLCCO₂計算結果

モデル名	LCCO ₂	使用時間	LCCO ₂ /使用時間
A- α	373	180年	2
A- γ	238	30年	7.6
J- α	389	180年	2.1
J- γ	254	30年	8.1
I- α	406	180年	2.2
I- γ	271	30年	8.7

4. 資源循環促進要因に関する考察

前項ではCO₂排出量を評価軸として資源循環性を評価したが、現実の資源循環促進/阻害要因は行政の助成や規制、経済性、CSR活動などCO₂排出量等環境性能とは直接関係のないものが多いことが聞き取り調査(調査ち)により明らかになった。例えば、林野庁の国産材振興政策では日本の森林及び林業の保護という目的のために、林業・製材業の効率化や「顔の見える木材での家づくり」運動の助成を行っている。また、首都圏においては近年バイオマス発電所が次々と稼働を始め、解体材チップの価格が高騰し、PB原料チップがバイオマス発電所の燃料として消費される現象が起きている。

5. まとめ

現在木材はカーボンニュートラルな材料として評価されているが、再資源化によるLC期間長期化や適切な生産方式の選択によって木材の炭素固定機能をさらに発揮させることが可能である。しかし、環境性能という価値基準のみで資源循環を促進することは難しく、既存の価値基準と合わせて現行の社会・経済システムの中で資源循環促進のための方策を考えることが重要である。