



## 2. 建築用木材の資源循環フローの把握

調査い・ろ・ほ(表 1)により、建築用木材の資源循環フローは「主要フロー」と「再資源化フロー」に分けて捉えることが適当と判断した。ここで、主要フローとは、主製品に着目したフローであり、木質系建材が製造され、木造住宅に使用され、住宅が解体されるまでの流れをさす。一方、再資源化フローとは主要フローの中で発生した副産物が再資源化(再使用・再利用)され、最終処分されるまでの流れをさす。この2種類のフローの特徴を表2に、秋田県産材と北欧産材の資源循環フローを図1に示す。

### 2-1 秋田県産材の資源循環フロー

主要フローを見ると、秋田県内で伐採・製材加工を行い生産された製材・集成材等は、県内外の住宅(主に軸組構法)に使用され、平均50年程度の使用期間を経た後に解体される。また、再資源化フローでは、製材工場や解体現場などで発生した木質系副産物がチップ業者等の中間処理業者に回収され、パーティクルボード(以下PB)や

製紙の原料、家畜敷き藁、バイオマス発電燃料として再利用された後最終処分される。

### 2-2 北欧産材の資源循環フロー

調査対象のM社は製材まで、S社はパネル化までを北欧で行っているという違いがあり、本梗概ではM社について述べることにする。北欧で生産された製材品は長距離の海上輸送を経て日本に輸送され、パネル化された後、木質パネル構法住宅に使用される。再資源化フローは北欧と日本で別れており、北欧では副産物は大規模な製紙工場やバイオマス発電所で原料・燃料として再利用されることが一般的である。一方、日本では再生建材原料・PB原料・バイオマス発電燃料として再利用される。

表2 主要フローと再資源化フローの特徴

特徴	主要フロー	再資源化フロー
対象	主製品(製材・集成材など)	木質系副産物
開始地点	伐採された原木	主要フロー内で発生した各種副産物
分岐点	住宅生産システムの違い(プレカットの有無など)	副産物発生地点
	施工地点	選択された再資源化方法
段階性	1段階のみ	副産物の質により多段階化

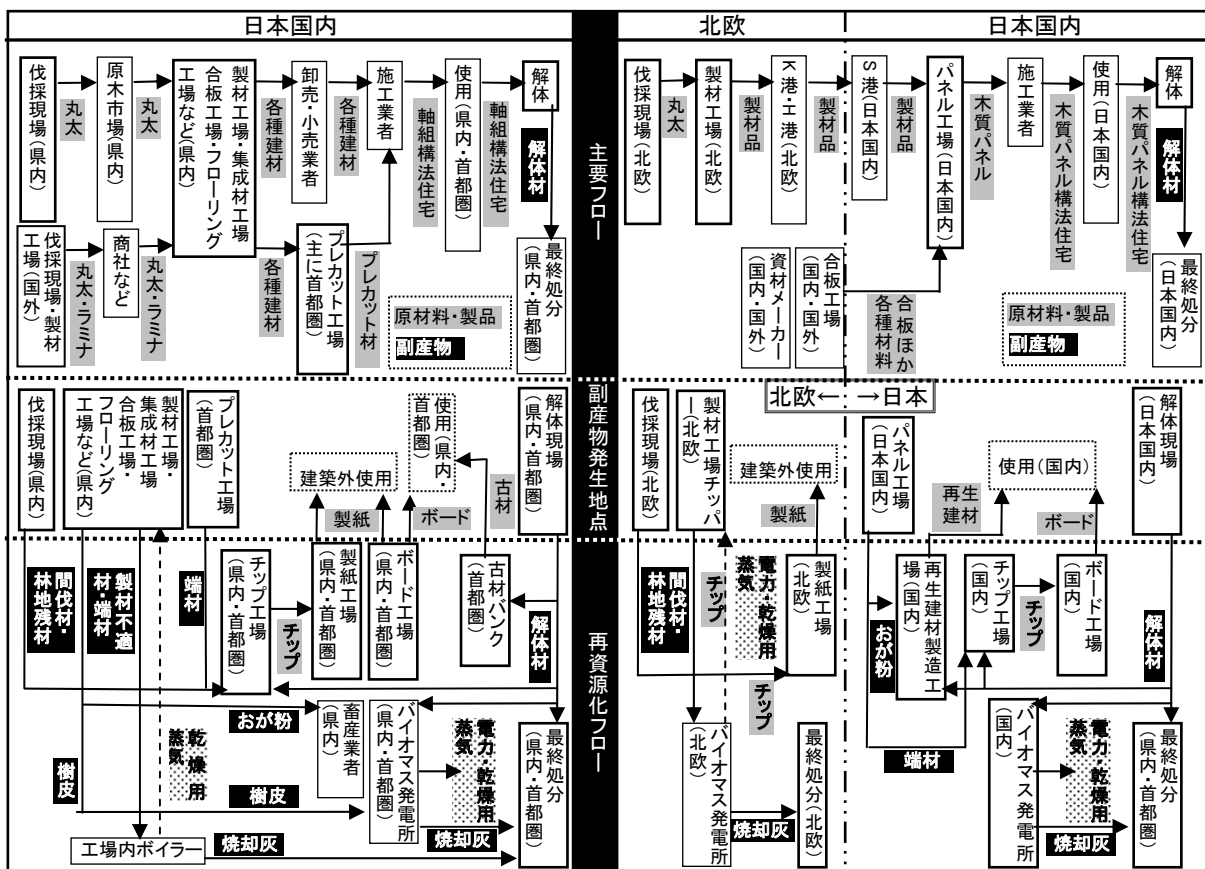


図1 秋田県産材と北欧産材の資源循環フロー(左図:秋田産材,右図:北欧産材(M社))

### 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LCCO<sub>2</sub>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LCCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量の試算結果を図2に示す。

#### 3-2 各段階のCO<sub>2</sub>排出量の試算

CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量計算結果を図3に示す。CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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

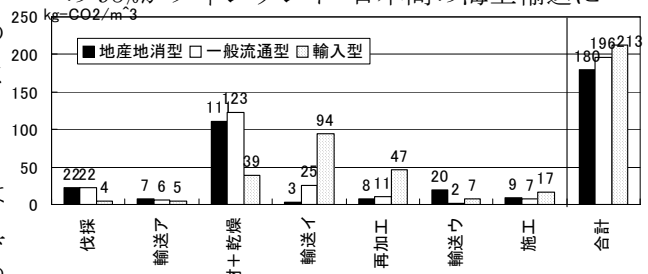


図3: 生産段階のCO<sub>2</sub>排出量

生産段階			使用段階			再資源化段階		
名称	特徴	CO <sub>2</sub> 排出量	名称	特徴	CO <sub>2</sub> 排出量	名称	特徴	CO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>排出量試算結果(CO<sub>2</sub>排出量単位: kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)

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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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 LCCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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( $\alpha$ ,  $\gamma$ )ははじめに設定し、これらの中間のモデル1つ( $\beta$ )を設定した。そして、生産段階のA, J, I型と $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ の組み合わせにより9つのLCモデルを作る。

表3: LCCO<sub>2</sub> 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	$\alpha$	90年	解体→RU→解体→MR→TR→F
J型	$\beta$	60年	解体→MR→TR→F
I型	$\gamma$	30年	解体→TR→F

各モデルのLCCO<sub>2</sub> (単位 kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>)、使用期間、LCCO<sub>2</sub>/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。LCCO<sub>2</sub>/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 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ の順にLCCO<sub>2</sub>の値

は小さくなり、LCCO<sub>2</sub>/使用時間は大きくなった。また、生産段階で最もCO<sub>2</sub>排出量の多いI型でも、I- $\alpha$ とA- $\gamma$ を比較するとI- $\alpha$ のほうがLCCO<sub>2</sub>/使用時間は小さくなった。これより、 $\alpha$ のように再資源化を繰り返すとLCCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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 m<sup>3</sup>あたりのCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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LCCO<sub>2</sub>計算結果

モデル名	LCCO <sub>2</sub>	使用時間	LCCO <sub>2</sub> /使用時間
A- $\alpha$	373	180年	2
A- $\gamma$	238	30年	7.6
J- $\alpha$	389	180年	2.1
J- $\gamma$	254	30年	8.1
I- $\alpha$	406	180年	2.2
I- $\gamma$	271	30年	8.7

## 4. 資源循環促進要因に関する考察

前項ではCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。