

## 修士論文

「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」

## 目次

<b>1章 序章</b>	・・・・・・・・・・	-3-
1-1 研究の背景		
1-2 研究の目的		
1-3 研究の対象と方法		
1-4 論文の構成		
<b>2章 建築用木材に関する俯瞰的把握</b>	・・・・・・・・・・	-9-
2-1 統計調査		
2-2 建築用木材製品の種類と用途		
2-3 建築用木材の生産・流通・価格形成		
2-4 建築用木材の木造住宅での使用		
2-5 建築用木材の再資源化		
2-6 建築用木材のライフサイクルと資源循環		
<b>3章 秋田県産材の資源循環フローに関する実態調査</b>	・・・・・・・・・・	-39-
3-1 調査の方法と対象		
3-2 秋田県産材の資源循環フロー		
3-3 資源循環フロー内の各段階の分析		
3-4 秋田県産材の資源循環フローの特徴		
<b>4章 北欧産材の資源循環フローに関する実態調査</b>	・・・・・・・・・・	-71-
4-1 調査の方法と対象		
4-2 北欧産材の資源循環フロー		
4-3 資源循環フロー内の各段階の分析		
4-4 北欧産材の資源循環フローの特徴		
<b>5章 建築用木材のライフサイクルの把握とLCA</b>	・・・・・・・・・・	-91-
5-1 LCAの意義と算出方法		
5-2 生産段階におけるLCA分析		
(1) 秋田県地産地消型(事例A)		
(2) 一般流通型(事例J)		
(3) 輸入型1(事例M)		
(4) 輸入型2(事例S)		
(5) 生産段階に関する考察		
5-3 再資源化段階におけるLCA分析		
(1) 古材リユース型(事例RU)		
(2) リサイクル建材型(事例MR)		
(3) サーマルリサイクル型(事例TR)		
(4) 最終処分型(事例F)		
(5) 再資源化と輸送に関する考察		

## 目次

---

- 5-4 シナリオ別のライフサイクル全体の分析
  - (1) シナリオの概要
  - (2) シナリオ別の CO<sub>2</sub>排出量と使用時間
  - (3) ライフサイクルモデルの作成と考察

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察 .....-147-

- 6-1 方策の分類
- 6-2 事例調査結果
- 6-3 資源循環促進のための方策に関する考察

## 7章 終章 .....-171-

---

### 資料編

## 1 章 序章

---

- 1-1 研究の背景
- 1-2 研究の目的
- 1-3 研究の対象と方法
- 1-4 論文の構成
- 1-5 用語の定義

## 1章 序章

---

### 1章 序章

#### 1-1 研究の背景

近年の地球環境問題の深刻化に伴い、様々な分野・レベルで環境問題対策が行われるようになってきている。数ある地球環境問題の中でも、地球温暖化の問題は深刻である。この温暖化問題を解決するため、2005年（平成17年）2月には京都議定書が発効し、参加各国は設定された温室効果ガス削減目標数値を2010年までに達成することが求められた。日本は、1990年比で-6%の削減を約束したものの、現状では8%の増加となっており、早急な対応が求められている。

日本全体のCO<sub>2</sub>排出量の約1/3を排出する建築業界においても、様々な取り組みがなされてきている。具体的な例としては、建築物の使用年数の長期化や、設備機器の省エネ性能の高い製品への更新などが挙げられるが、一方で環境負荷の少ない適切な建築材料の選択も求められてきている。

そうした中で、建築用資材としての「木材」に対する注目が高まってきている。木材は、森林でCO<sub>2</sub>を吸収することや、製材加工にかかるエネルギーが鉄やコンクリートなど他の主要建築資材と比較して少ないこと、また多段階にわたるカスケード型リサイクルが可能なことなどから、一般に「環境にやさしい」材料として捉えられてきた。しかし、鉄やコンクリートが100%に近いリサイクル率を誇り、資源循環フロー（原料採取→加工→輸送→使用→再資源化→最終処分という一連のライフサイクル）が把握され、製品の製造や輸送にかかる環境負荷のデータを示しているのに対して、木材のこうしたデータの蓄積は十分に行われていない。

リサイクル率や資源循環フロー詳細など環境性能に関するデータの蓄積は、今後さらに重要になってくると考えられる。例えば、現在ISO(国際標準化機構)は「建築製品の環境宣言 (ISO/TC59/SC17/WG3 DIS 21930)」を検討中である。これは、建築材料の、原料採掘段階から現場への搬入までにかかった環境負荷を表示するルールを定めるものである。こうした基準が実際の経済活動の中で適用されるようになれば、基準にあわないもの、環境的性能を明示できないものはたとえ製品そのものの強度や質が優れていても、品質の悪い製品とみなされ、競争力を保てなくなる恐れがある。

こうした環境問題への対応という大きな社会情勢の中での建築用木材に対する期待と、その環境性能表示の遅れ、そして環境性能の優れたものをよしとする新しい価値観が生まれつつあることが、この研究の背景としてある。

## 1-2 研究の目的

1-1 であげた研究の背景を踏まえ、具体的な研究の目的を定める。

そもそも、建築用木材の環境性能に関するデータの蓄積が進んでいない原因は、国内の木質系建材の生産業者が比較的中小規模で全国に散在していること、原料の丸太のうち輸入材の比率が高く、また流通経路が複雑であること、さらに、木材の多様なリサイクルにより再資源化された後のフローの把握が困難であることなどが考えられる。よって、まず第一に建築用木材の資源循環フローの把握を行う必要がある。その後はじめて、木材のライフサイクル全体にわたった環境性能の評価を行うことができる。

そこで本研究では、

- (1) 日本国内で建築資材として利用される木材（国産材として秋田産材、輸入材として北欧産材に注目する）を対象に、現地における聞き取り調査から資源循環フローの実態の把握を行う。
- (2) 資源循環フローを「資源採取～製材加工～輸送～施工」、「使用」、「再資源化～最終処分」の3段階で捉え、各段階に対してシナリオを設定し、シナリオごとにLCCO<sub>2</sub>を計算する。さらに、LCCO<sub>2</sub>の計算結果に大きな影響を与える要因について分析する。
- (3) (2) の試算結果を踏まえ、建築用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点を目的とする。

## 1-3 研究の対象と方法

本研究は大きく分けて3つの調査から構成されている。1つ目の調査は、秋田県産材を対象とした聞き取り調査・現地調査（現場見学）であり、この調査は文部科学省産官学連携促進事業米代川流域エリア事業の一環として行われた。2つ目の調査は北欧産材を対象とした聞き取り調査・現地調査である。この調査では、北欧諸国で部材の生産を行う日本の工業化住宅メーカー2社（M,S社）に御協力をいただいた。3つ目の調査は、資源循環を促進する方策についての聞き取り調査・現地調査・文献調査である。これら3つの調査の内容と、調査と研究目的の対応を表1-3-1に示す。

表 1-3-1 本研究の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							要因の考察 (目的③)		
					フローの把握(目的①)	LCCO <sub>2</sub> 分析(目的②)								
						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・副産物の輸送距離などを調査し、秋田県内で生産される製材品の生産過程におけるCO <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> 排出量、国際輸送、木質パネル構法住宅施工によるCO <sub>2</sub> 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									

## 1-4 論文の構成

本論文は7章から構成されている。各章の概要について述べる。

1章では本研究を行うこととした背景と、設定した3つの目的、行った調査と各目的との対応の整理、用語の定義を行う。

2章、3章、4章は、第1の目的「建築用木材の資源循環フローの把握」について述べた章である。2章では、建築用木材の量的把握やその生産、使用、再資源化というライフサイクルを概観し、“建築用木材の資源循環フロー”という対象を明らかにする。3章では、建築用木材のうち国産材の例として、秋田県産材を取り上げる。秋田県の木材関連業者に対して行った聞き取り調査・現地調査の結果から秋田県産材の資源循環フローの実態を明らかにする。4章では、輸入材の例として北欧産材を取り上げる。北欧において住宅部材の生産を行っている日本のプレファブ住宅メーカーについて、聞き取り調査・北欧及び日本での現地調査を行い、その結果から北欧産材の資源循環フローを明らかにする。

主に木造軸組構法住宅に使用される秋田県産材と、木質プレファブ構法住宅に使用される北欧産材を対象に取り上げることで、木材の原産国の違いや住宅構法の違いが資源循環フローに及ぼす影響について考察を行う。

5章は第2の目的「建築用木材のライフサイクル全般にわたった環境性能評価」について述べた章である。ここでは、2～4章を受けて建築用木材のライフサイクルを生産段階、使用段階、再資源化段階の3つに分類し、各段階においてシナリオを設定し、シナリオごとにCO<sub>2</sub>排出量を計算する。これらシナリオを組み合わせることで、建築用木材の多様なライフサイクルを表現するライフサイクルモデルを提示する。このライフサイクルモデルに基づいてLCCO<sub>2</sub>分析を行い、建築用木材のライフサイクル全般にわたった環境性能評価を試みる。もちろん環境性能評価の指標としてCO<sub>2</sub>排出量のみでは不十分であるが、本論では建築用木材の多様なライフサイクルとCO<sub>2</sub>排出量という環境性能値を対応させることを重要視しているため、指標はCO<sub>2</sub>のみとする。

6章は第3の目的「建築用木材の資源循環の促進要因に関する考察」について述べた章である。ここでは、実際の建築用木材の資源循環を促進する方策について聞き取り調査を元に考察を行う。その際、5章で示した建築用木材の環境性能と実際の方策がどのように対応しているのかを明らかにすることに努めた。

最後に7章では、総括として5章と6章を受けて環境性能と実際の方策をどのように結び付けてゆけばよいかについて考察を行い、今後の課題を示す。

### 1-5 用語の定義

本論の中では以下のような用語を用いる。

- 建築用木材：木材のうち建築に使用される木材。建築に使用される建築用木材の製品としては製材、集成材、合板、フローリング、木質ボードなどがある。
- 資源循環：資材を可能な限り有効に、繰り返し使用すること
- 再資源化：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。その再加工の程度によってリユース（再使用）、マテリアルリサイクル（再利用）、サーマルリサイクル（再利用）の3つに分類できる
- 副産物：主製品を製造する過程で発生する製品以外のもの。再資源化によって他の製品となる可能性があるもの。
- 廃棄物：再資源化が不可能で最終処分されるもの。
- 資源循環フロー：資材が主製品として使用され、その使用期間が終了した後再資源化され、再び使用され、最後に最終処分されるまでの一連の流れ。
- 主要フロー：資源循環フローの中で、主製品が製造され、使用され、使用期間を終えるまでの一連の流れ。
- 再資源化フロー：資源循環フローの中で、副産物や使用済み主製品が再資源化され、最後に最終処分されるまでの一連の流れ。
- ライフサイクル：資材の原料採掘から生産、使用、再資源化、最終処分までの期間のこと。資源循環性が高いければ、すなわち資源循環がうまく回ればライフサイクルは長期化する。

## 2章 建築用木材に関する俯瞰的把握

---

- 2-1 統計調査
- 2-2 建築用木材製品の種類と用途
- 2-3 建築用木材の生産・流通・価格形成
- 2-4 建築用木材の木造住宅での使用
- 2-5 建築用木材の再資源化
- 2-6 建築用木材のライフサイクルと資源循環

### 2章 建築用木材に関する俯瞰的把握

一口に「建築用木材」といっても、在来軸組構法において軸組を構成する柱・梁から床下地に使用される合板、フローリングなどの内装材などその言葉がさす建築資材には様々なものがある。本章では、建築物に使用される木材の量的把握を2-1で、さらに建築用木材の種類・木造住宅内での使用部位の整理を2-2で行う。さらに、建築用木材の生産流通過程について2-3で述べ、2-4では木造住宅について、2-5では建築用木材の再資源化方法について述べる。最後に2-6において、建築用木材のライフサイクルを把握する方策について提案を行う。

#### 2-1 統計調査

##### (1) 日本の森林資源

林野庁統計資料<sup>1)</sup>によれば、2002年3月時点の日本の森林資源の概況は以下のようになる。森林面積は2,512万ha（国土面積の67%）で、このうち人工林が1,124万ha、天然林が1,247万ha、その他141万haであり、人工林と天然林の割合がほぼ半々ずつとなっている。森林蓄積量は、40億m<sup>3</sup>であり、戦後造林された人工林を中心として毎年約9千万m<sup>3</sup>ずつ増加している。人工林面積のうち8割は9齢級以下（1齢級5年と数え、45年生以下）の林分で、順次伐期を迎えるこれらの資源をどのように活用してゆくか、とくに人工林面積の44%を占めるスギ（スギはまっすぐに成長するため戦後の拡大植林政策下に好んで植林された）の活用が課題となっている。

天然林についてもその約5割は11齢級以下（55年生以下）の比較的若い森林であり、多くはかつて薪炭林などとして利用された広葉樹林で、利用が低位にとどまっているものも見られる。他方、林齢が高く蓄積の多い天然林は、一般的に奥地にあり、国土の保全・景勝の保護の観点から保安林、自然公園などに指定されていることが多く、その指定目的の達成と林業的利用の確保との調和が必要となっている。次ページ図2-1-1<sup>2)</sup>に2002年現在の日本国内の人工林・天然林樹齢構成を示す。

なお、国土面積の47%、森林面積の61%を占める山林の人口は、わが国全体のわずか4%に過ぎない。山林地域の人口減少、高齢化などに伴う活力低下に対して、林業の振興、都市との交流促進、生活環境の整備などの政策が重要となっている。

---

<sup>1)</sup> 「森林資源の現況調査（平成14年3月31日現在）」、林野庁計画課、2002

<sup>2)</sup> 同上

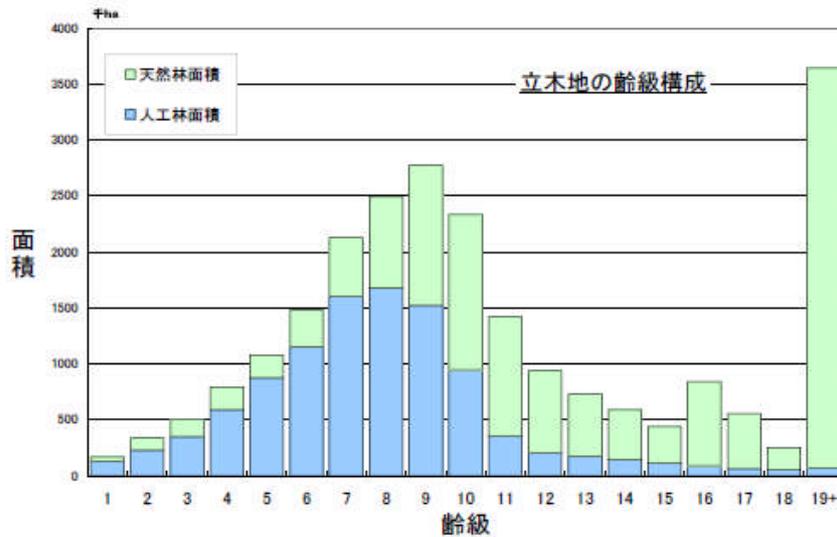
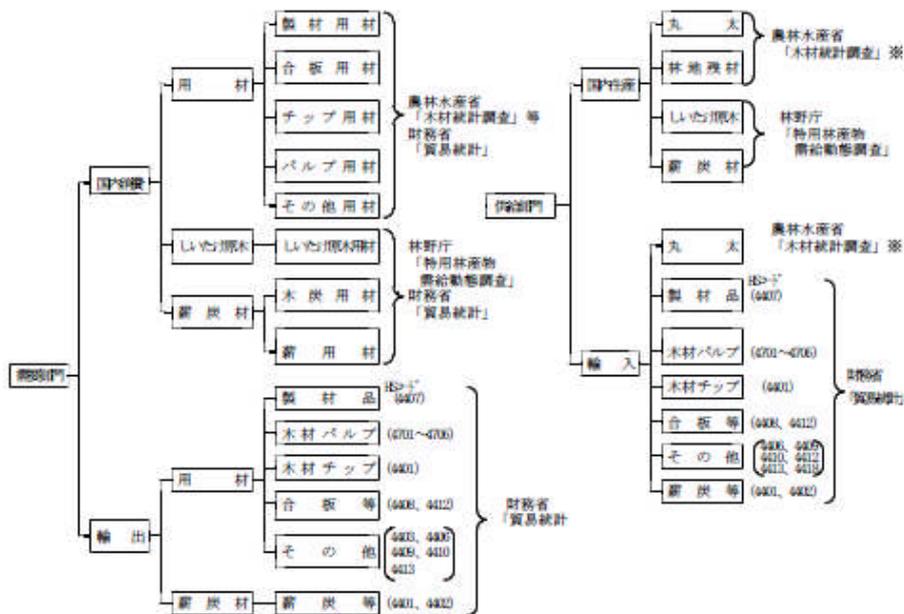


図 2-1-1 人工林・天然林の樹齢構成

(2) 木材の需給動向

① 木材（用材）全体の需給動向

林野庁発表の2006年「木材需給表」を見ると、木材区分は以下の図 2-1-2<sup>3)</sup>のようになっている。図 2-1-2 からは、木材が製材用、合板用、チップ用などの用材のほか、しいたけ原木、薪炭材など幅広い用途があることが分かる。



注：( ) 書きのHSコードとは、HS条約（商品の名称及び分類についての統一システムに関する国際条約）の商品目録に基づく、貿易統計上の分類番号である。  
 ※ 丸太のうち、パルプ用は経済産業省「生産動態統計」により、その他は推計値による。

図 2-1-2 木材需給表における区分

3 「平成 18 年度 木材需給表」、農林水産省、2006

## 2章 2-1 統計調査

2006年（1月～12月）の日本国内の木材の総需要量（丸太換算、以下同じ）は8,831万<sup>3</sup>mで、そのうち用材の総需要量は丸太に換算して8,679万<sup>3</sup>mで、前年に比べて93万<sup>3</sup>m（対前年増減率1.1%）増加した。1955年（昭和30年）から2006年（平成18年）までの日本国内の用材需要量と国産材・輸入材の割合の変化および木材（用材）自給率をまとめると以下の図2-1-3のようになる。

1955年には自給率は94.5%と非常に高かったが、以降現在に至るまで下降傾向にあり、2006年の木材（用材）自給率は、20.3%となっている。ただし、2005、2006年と2年連続で20%を超え、多少国産材比率が増加の傾向にある。この要因には、輸入製材品の価格上昇に伴い国産製材品の価格競争力が向上したこと、国産針葉樹合板の使用量が増加していることなどがあげられる。とはいえ、年間森林蓄積量が9,000万<sup>3</sup>m増加しているのに対し、国産材の需要量は1,762万<sup>3</sup>mとその値にはいまだに大きな開きがある。

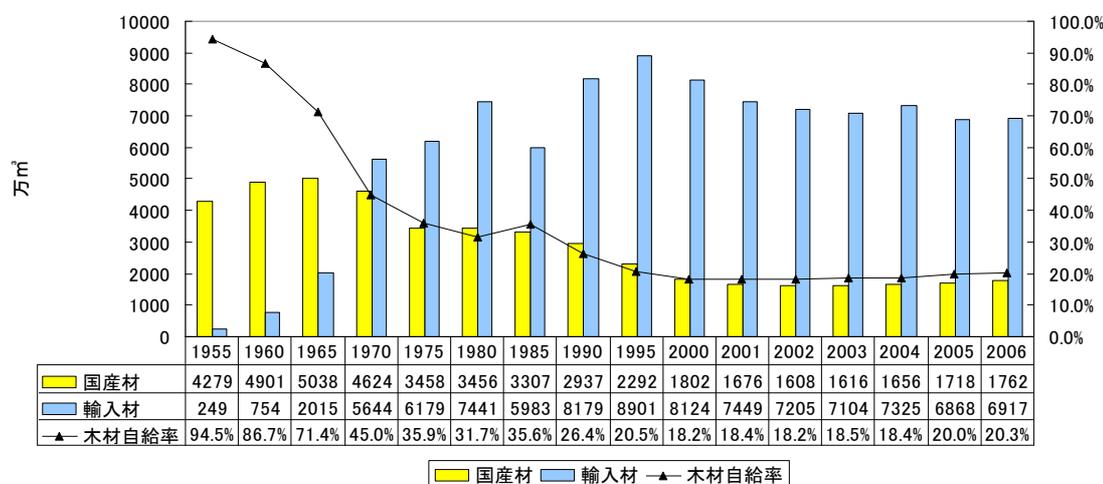


図2-1-3 木材（用材）需要量と木材（用材）自給率の推移

林野庁統計資料<sup>4</sup>を参考に、用材需要量のうちの輸入材の産地別の割合（2004年度）を見ると、最も割合が多いのは米材（アメリカ・カナダ産材）で輸入量の20%を占める。ただし、米材の輸入量は製材・丸太ともに減少傾向にあり、一方で欧州材の輸入量が増加傾向にある。欧州材の輸入は、集成材原料の乾燥ラミナなどの製材品が中心で、近年の日本国内の集成材需要の増加に対応している。また、資源的制約や丸太輸出規制などから南洋材の輸入量は年々減少している。次ページ図2-1-4に輸入材の産地別割合と、主な輸入形態をまとめた。

<sup>4</sup> 「森林・林業白書 平成16年度版」、林野庁、2005

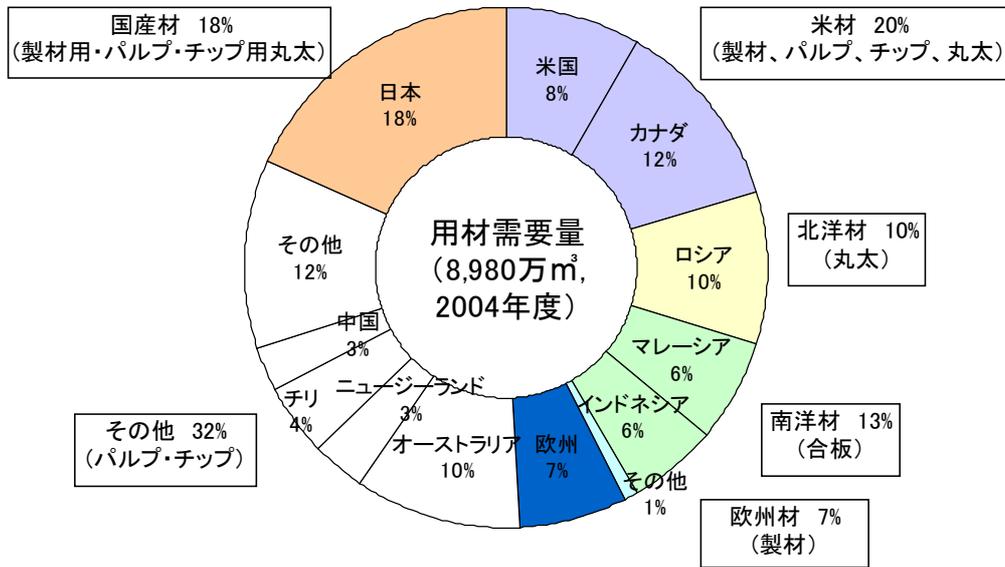


図 2-1-4 用材の産地別割合 (2004年度)

②用材の分類ごとの需給動向

木材需給表の中では、用材は製材用材、パルプ・チップ用材、合板用材、その他用材の4つに分類されている。2006年度の総用材需要量に占める各分類の割合を図2-1-5<sup>5)</sup>に、各分類の国産材と輸入材の割合を図2-1-6<sup>6)</sup>に示す。

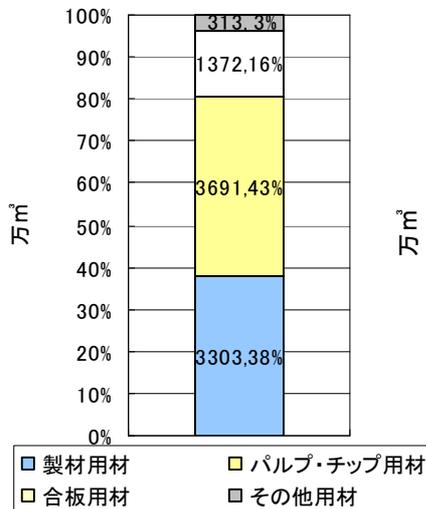


図 2-1-5 用材内訳

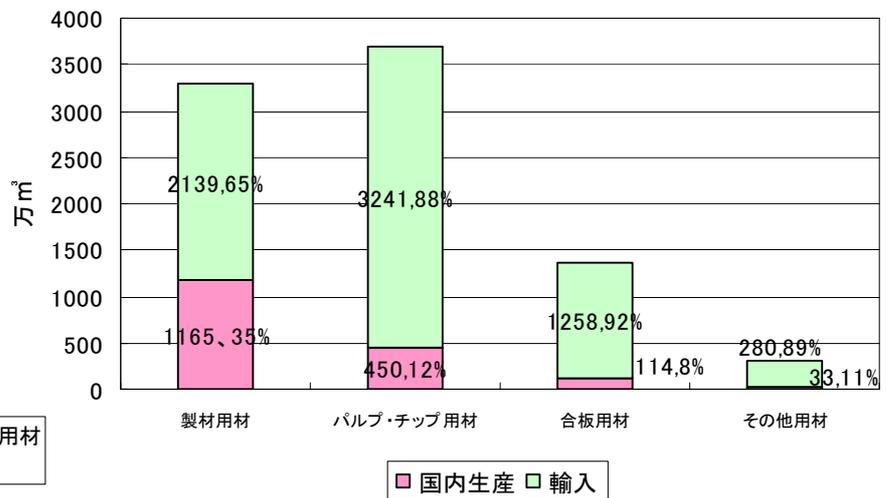


図 2-1-6 各用材の自給率

<sup>5)</sup> 「平成 18 年度 木材需給表」、農林水産省、2007 より作成

<sup>6)</sup> 同上

## 2章 2-1 統計調査

---

全用材需要量 8,679 万 $\text{m}^3$ のうち、製材用材が 3,303 万 $\text{m}^3$ でおよそ 38%、パルプ・チップ用材が 3,691 万 $\text{m}^3$ でおよそ 43%、合板用材が 1,372 万 $\text{m}^3$ でおよそ 16%を占め、その他用材が 313 万 $\text{m}^3$ 、およそ 3%となっている。

各用材の自給率を見ると、製材用材が 35%と最も高く、パルプ・チップ用材が 12%、合板用材が 8%、その他用材が 11%となっている。大まかな需給動向は用材全体の需給動向と同じく、1950 年代に自給率ほぼ 100%を誇っていたがその後輸入材の割合が増加し、1990 年後半ごろから現在の自給率に落ち着いている。用材の中では製材用材の需要量落ち込みが著しく、2000 年には 5000 万 $\text{m}^3$ を超えていた需要量が 2007 年には 3300 万 $\text{m}^3$ まで減少している。また、近年輸入材の価格高騰と加工技術の進歩により、これまで利用が低位であった曲がり材のスギや間伐材など径の細い木材を利用した国産合板の生産量が増加している。国産合板用材の量も、2000 年の 14 万 $\text{m}^3$ （全合板用材中 3%）から 2007 年は 114 万 $\text{m}^3$ へ（同 8%）と増加している。

これら各用材のうち、実際に建築物に使用されている木材量はどれくらいなのだろうか。林野庁試算<sup>7</sup>によると、製材用材に関しては、約 8 割、2640 万 $\text{m}^3$ が建築用であり、さらにこのうち 7 割（1849 万 $\text{m}^3$ ）が軸組構法住宅、残り 3 割弱（791 万 $\text{m}^3$ ）がその他構法の木造住宅などに使用されている。また、合板に関しては、約 4 割、500 万 $\text{m}^3$ が建築用である。さらに、パルプ・チップ用材はほぼ 9 割が製紙原料のパルプとして利用され、残りの 1 割、370 万 $\text{m}^3$ がパーティクルボードや繊維板の原料として使用される。パーティクルボード・繊維板のうち約 3 割、110 万 $\text{m}^3$ が建築用に使用される。その他用材のうち建築用に使用されるものはないと考えると、結果として建築用に使用される木材量は 3250 万 $\text{m}^3$ 程度となり、全用材需要量の約 37%を占めている。ここで、ここまで示した数値は全て丸太換算値であり、実際に建築物に使用される場合には、製材の場合 50%程度、合板の場合 60%程度生産工程において体積が目減りすることに注意が必要である。よって、実際に建築物に使用されている木材量は 1700 万 $\text{m}^3$ 程度と考えられる。

---

<sup>7</sup> 「木材産業の体制整備及び国産材の利用拡大に向けた基本方針」、林野庁、2007

## (3) 木材価格の動向

1980年から2005年までの製材用素材価格(全国平均)の推移<sup>8</sup>を示したものが図2-1-7、製材品卸売価格(全国平均)の推移を示したものが図2-1-8である。

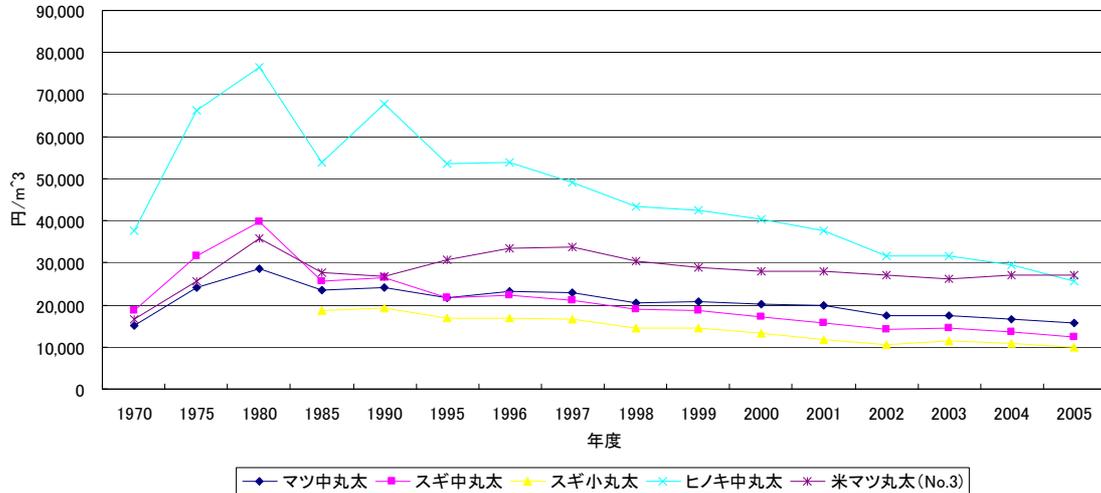


図 2-1-7 製材用素材価格 (全国平均) の推移

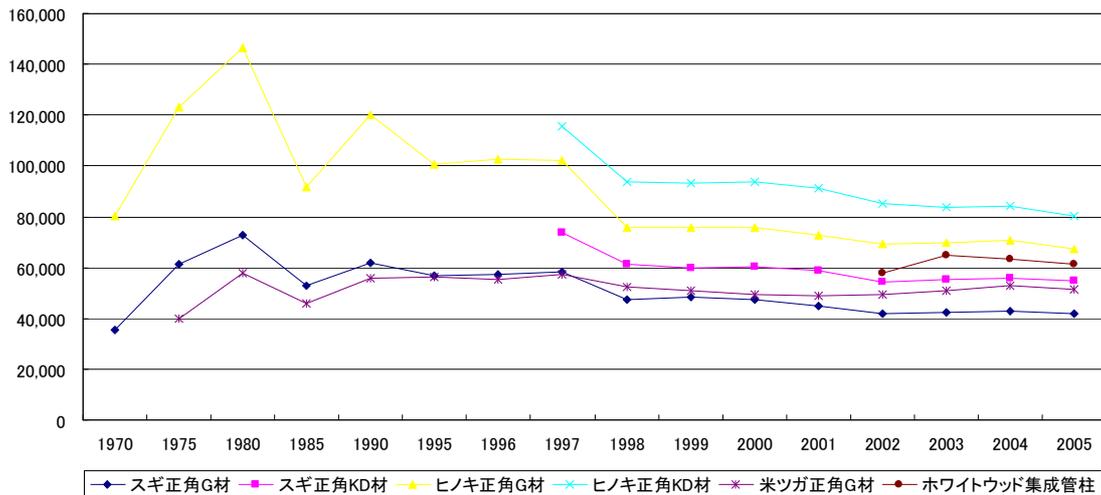


図 2-1-8 製材卸売価格 (全国平均) の推移 (G材: 未乾燥材, KD材: 乾燥材)

1990年代初めのバブル崩壊以降、住宅着工数が大幅に落ち込んだため、製材用材の需要も落ち込み、素材価格、製品価格ともに下落傾向にある。2005年の価格は1970年とほぼ同じ水準である。ただし、近年米材(米ツガ・米マツ)は米国の住宅需要の増大による原木入手競争、北欧材の台頭、船舶輸送費の高騰などの条件からわずかに価格が上昇しており、このことにより国産材の需要が伸びている一面もある。

ヒノキはスギのおよそ1.5倍の価格で、どの樹種でも乾燥材(KD材)となると2割程度価格が高くなる。また、国産のスギ製材品は、かつては米マツ、米ツガと価格競争をしていたが、現在はホワイトウッド集成材との価格競争となっている。

## (4) 木造住宅について

総務省による平成15年度土地統計調査によれば、2003年度の日本国内の総住宅戸数は

<sup>8</sup> 「木材需給報告書」、農林水産省、1980～2005

## 2章 2-1 統計調査

5389 万戸、そのうち木造住宅は 3309 万戸と約 61%を占めた。2003 年度の新築木造住宅戸数は 52 万戸であったため、総木造住宅戸数を新築木造住宅工数で除すと、64 となり、木造住宅の平均寿命は 64 年と試算できる。

最新の住宅着工統計を見ると、2006 年度の住宅着工戸数は 128 万 5 千戸、そのうち木造住宅は 55 万 6 千戸であり、約 43%を占めた。木造住宅の構法別の内訳を見ると、木造軸組構法が 43 万戸で木造住宅のうち約 77%、枠組壁工法（2×4）が 10 万 6 千戸で約 19%、木質プレファブ構法が 2 万戸で約 4%となった。

過去 19 年間の全国住宅着工工数の推移<sup>9</sup>を図 2-1-9 に示す。1986 年から 1990 年末まで続いたバブル景気により、この期間の住宅着工戸数は 170 万戸前後と大きな値となっている。バブルが崩壊した 1991 年には住宅着工数は 137 万戸まで落ち込み、その後徐々に回復し、消費税引き上げ前の駆け込み需要もあり 1996 年には 164 万戸まで増加した。その後は再び減少し、1998 年から 2004 年までは 115 万戸から 120 万戸を保ってきた。近年は、2005 年度 123 万戸、2006 年度 129 万戸と 2 年連続して 120 万戸を超える値となってきたが、2005 年に起きた耐震偽装事件を受けて 2007 年 6 月の建築基準法等の一部改正が行われたことにより、建築確認・検査の厳格化がなされ、建築確認申請業務に大きな遅れが出ている

そのため、2007 年 11 月分の住宅着工統計によれば新設住宅着工工数は前年同月比 27.0%と 5 ヶ月連続減少を続けている。これにより、2007 年度の住宅着工戸数は前年比 6.6%減の 120 万戸程度になると予想<sup>10</sup>されている。また、今後の住宅着工工数に関しては、日本の人口減少を背景として 2020 年度に 81 万戸まで縮小するとの予測<sup>11</sup>がされている。

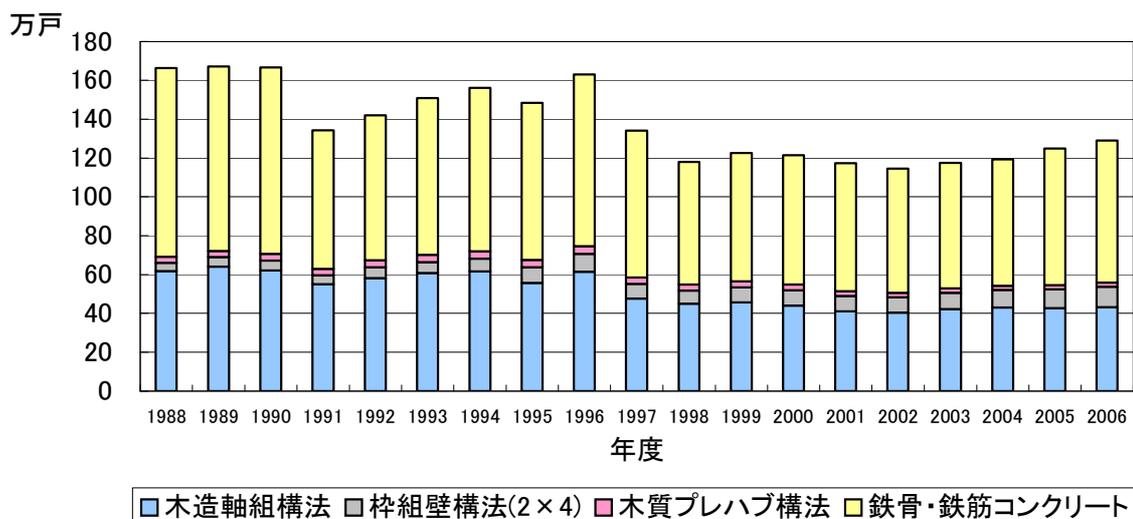


図 2-1-9 住宅着工戸数の構法別推移 (全国)<sup>12</sup>

<sup>9</sup> 「住宅着工統計」、国土交通省、2007 および、「住宅産業ハンドブック 2002 年版」、財団法人 住宅産業情報サービス、2001 より作成

<sup>10</sup> 「建設経済モデルによる建設投資の見通し」、財団法人建設経済研究所、2007

<sup>11</sup> 「建設投資等の中長期予測—2010 年度及び 2020 年度の見通し—」、財団法人建設経済研究所、2005

<sup>12</sup> 「住宅着工統計」、国土交通省、2007 および、「住宅産業ハンドブック 2002 年版」、財団法人 住宅産業情報サービス、2001 より作成

木造住宅に関してみると、新築住宅に占める木造住宅の比率は、1970年度の70%から2006年度は43%まで減少している。1974年に認可された枠組壁工法住宅（1988年から木質プレファブから枠組壁工法が分離して統計が取られるようになったため、図中では1988年以降のみ示されている）は、1988年に4万2千戸だったものが、1995年の阪神淡路大震災で被害が少なかったことなどから着工数が伸び、2006年には10万6千戸と初めて10万戸を突破した。

1960年のミサワホームの木質接着パネル構法の誕生（1962年認可）から始まった木質プレファブ住宅は、1998年の4万2千戸をピークに近年は減少傾向にあり、2006年度には2万戸となっている。木質プレファブに限らずプレファブ住宅一般に関して、供給戸数はそれほど多くないものの、その供給団体が上位10社でほぼ98%を占め、1社あたりの供給工数が非常に多いことが特徴である。

また、近年の木造住宅の生産システムにおいては、プレカット材、集成材、人工乾燥材（KD材）の利用が増加している。

プレカットとは、従来大工職人が行っていた木造軸組住宅の部材の墨付けや刻みに代わって、継ぎ手・仕口の加工や部材の切削を専用の工場機械で行うことである。プレカット工場生産されたプレカット材は、現場での加工をほとんど必要とせず組み上げることができるため、施工期間が大幅に短縮する他、施工業者の熟練性をあまり必要としない。

図2-1-10<sup>13</sup>に過去19年間のプレカット工場数、木造軸組工法におけるプレカット率を示す。

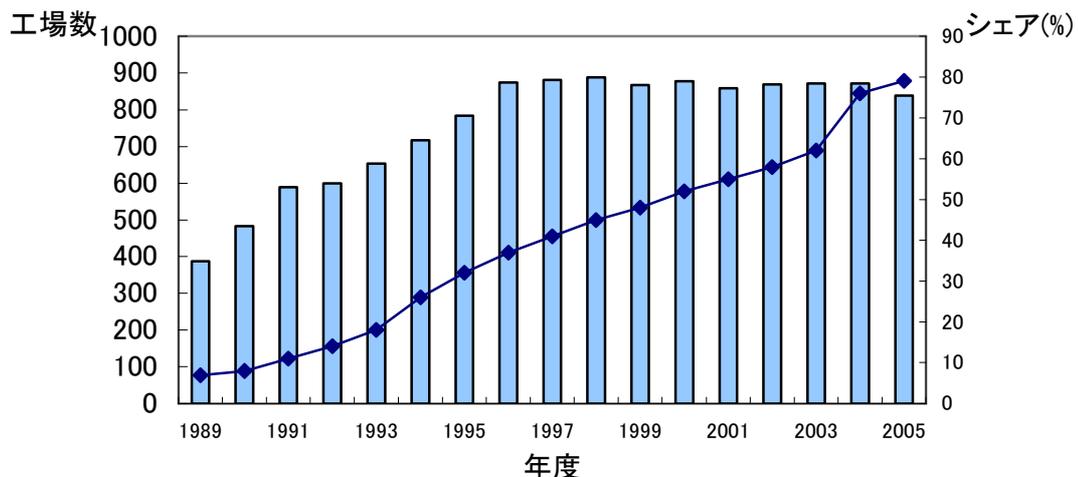


図2-1-10 プレカット工場数・木造軸組住宅におけるプレカット率の推移(全国)<sup>14</sup>

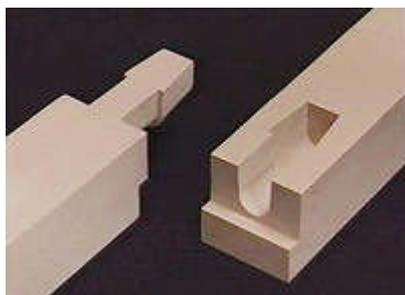
2005年にはプレカット工場は全国に838工場、プレカット率は79%にのぼっている。近年の大工人口の減少、熟練大工の不足を背景にプレカット工場の数、プレカット率は増加している。また、2000年ごろからはプレカット工場数はほぼ変わっていない(あるいは微減している)のに対してプレカット率は増加している。これからプレカット工場あたりのプレカット受注棟数が増えていることがわかる。とくに着工数の多い都市部の近郊には月あたり数百から数千棟のプレカット加工を行う大規模なプレカット工場が増えており、こうしたプレカット工場と大手住宅メーカーが協働して従来の製材市場、卸売業者や小売業者を

<sup>13</sup> プレカット工場、プレカット率の値は全国木造機械プレカット協会の聞き取り調査による

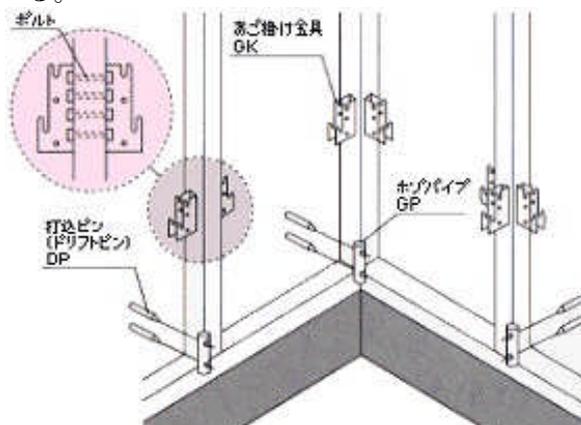
<sup>14</sup> プレカット工場、プレカット率の値は全国木造住宅機械プレカット協会が行った聞き取り調査による

## 2章 2-1 統計調査

介さない直通流通、いわゆる流通の中抜きを積極的に行っている。また近年では、より高い強度性能、施工の合理化を狙って、プレカット材と継ぎ手・仕口に接合金物を合わせて用いる金物工法も一般的になってきている。



プレカット材<sup>15</sup>



金物工法の例(クレテック工法)<sup>16</sup>

集成材は、ラミナと呼ばれる厚さ 5cm 以下の板材を幅、長さ方向に接着して製造される製材で、JAS 規格品である。集成材は一本の丸太から切り出される製材品よりも、木材の欠点の除去、分散化が簡単で、高い強度性能をもつ。またラミナの乾燥が容易で十分に乾燥することができるため、寸法加工性も高い。



集成材

<sup>15</sup>全国木造住宅機械プレカット協会 HP より (2008/01/27 確認)

<http://www.precut-kyokai.com/precut.html>

<sup>16</sup> アマテイ株式会社 HP より (2008/01/27 確認)

<http://www.amatei.co.jp/products/kuretec/kuretec.html>

図 2-1-11 に過去 17 年間の集成材の国内生産量と製品輸入量を示す。

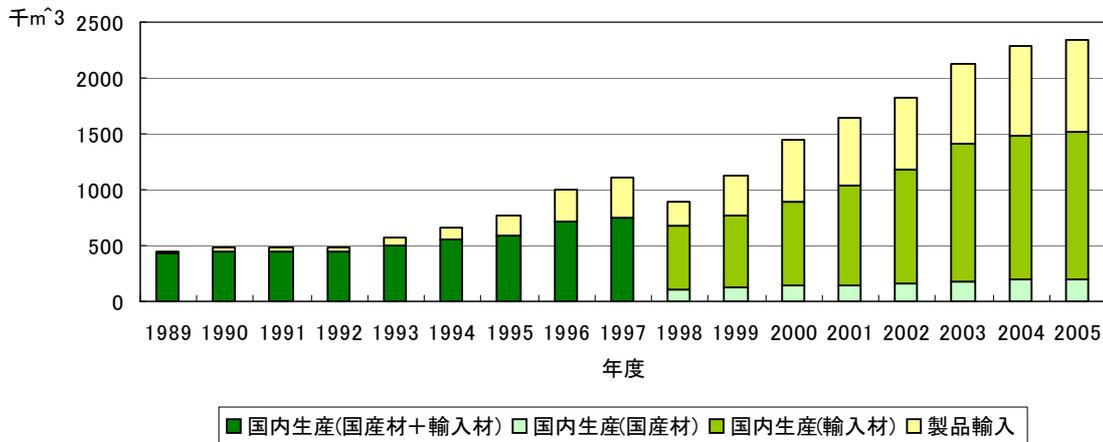


図 2-1-11 集成材の国内生産量及び製品輸入量の推移<sup>17</sup>

集成材利用量は 1989 年の 45 万 m<sup>3</sup> から 2005 年には 234 万 m<sup>3</sup> まで増加しており、とくに輸入したラミナを原料として国内で生産する割合が非常に高くなっている。なお、1998 年から 2005 年までの国内生産の国産材、輸入材の比率は日本集成材工業協同組合の調査から林野庁が推計したものであり、1997 年以前の比率は不明である。

集成材は構造用と造作用に分けられ、1989 年には造作用がほぼ 8 割を占めていたのに対し、現在は構造用が 9 割以上を占めている。構造用集成材は主に一般住宅用の小・中断面のものが中心であり、とくに図 2-1-12 に示したように木造軸組住宅の柱に占める集成材の割合が大幅に伸びている。

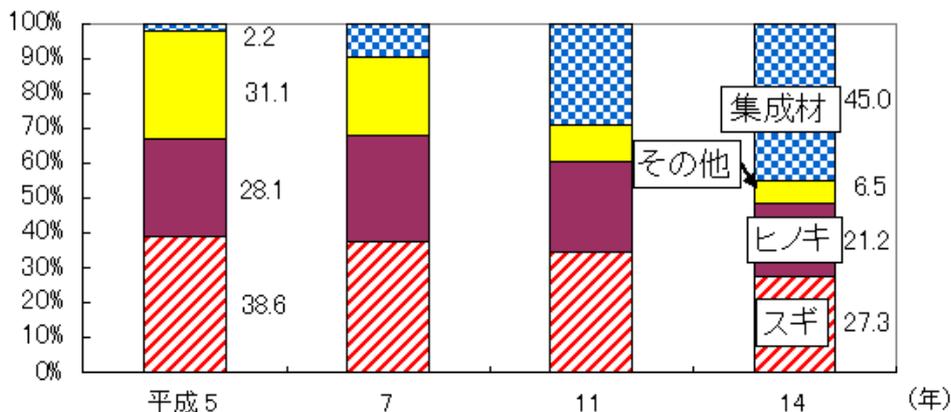


図 2-1-12 木造軸組構法における柱材の樹種別使用割合<sup>18</sup>

人工乾燥材は、乾燥機で製材を含水率 20～15%程度まで乾燥する人工乾燥を行って製造される製材品で、KD 材とも呼ばれている。乾燥を人工的に行うことによって、製材品の含水率を低く保ち、寸法安定性を付与することができる。林野庁の調査<sup>19</sup>によれば、人工乾燥材の出荷量は、1999 年に 181 万 m<sup>3</sup>であったものが、2004 年には建築用製材品 238 万 m<sup>3</sup>に増加

<sup>17</sup>林野庁木材産業課資料「木材をめぐる現状」、林野庁木材産業課・木材利用課、2007 および「コンサイス木材百科」、(財) 秋田県木材加工推進機構、2002 を参考に作成

<sup>18</sup>「平成 17 年度 森林・林業白書」、林野庁、2006

<sup>19</sup> 林野庁木材産業課資料「木材をめぐる現状」、林野庁木材産業課・木材利用課、2007

## 2章 2-1 統計調査

---

しており、建築用製材品に占める人工乾燥材の割合は13%から22%に増加している。

こうした集成材や乾燥材の使用量増加の背景には、2000年の建築基準法の改正で仕様規定から性能規定に変わったことにより木材の強度が見直されたこと、2000年に「住宅の品質確保の促進等に関する法律」(品確法)が制定され、木材の耐久性や寸法安定性が住宅の性能評価の面から重要視されるようになったことがある。とくに、品確法では新設住宅建設工事請負業者に対して、住宅引渡しより10年間の間、住宅の構造体力上必要な部分または雨水の侵入を防止する部分の瑕疵について担保責任(無償補修)を負わせる「瑕疵担保責任10年義務化」が盛り込まれた。こうした状況下で、木材利用者側からの木材の強度的、あるいは形状の安定性に関する要求が強まってきており、JAS規格品であり、その強度、寸法安定性が保証されている集成材や強度向上、寸法安定性向上が見込まれる乾燥材の需要が増加しているのは当然の流れといえる。また、近年のプレカット加工進展により寸法安定性のある集成材や乾燥材の需要が増えていることも大きな要因である。

### (5) 国産材輸出の動き

林野庁資料<sup>20</sup>によれば、近年の日本の木材需給の1つの変化として国産材の輸出量増加が挙げられる。1999年には0.2万 $\text{m}^3$ ほどであった輸出量は、2005年には2万 $\text{m}^3$ とほぼ10倍となっており、その8割近くが中国への輸出である。急速な経済発展を続ける中国では木材需要が増加しているが、1998年に起きた大洪水を契機に、長江上流域等における天然林の伐採禁止等の措置を講じており、国内産の丸太供給が減少している。一方で輸入が増加しており、2002年の丸太輸入量は1998年の5倍以上の2,500万 $\text{m}^3$ となっている。秋田県など中国に近い林産県では一部の製材加工業者が積極的に中国市場を開拓しており、都市部を中心に内装材や家具などを売り込んでいる。

---

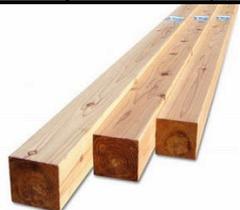
<sup>20</sup> 「平成17年度 森林・林業白書」、林野庁、2006

## 2-2 建築用木材製品の種類と用途

2-1 で見たように、製材用材の 9 割程度と合板用材の 4 割程度、パルプ・チップ用材の 1 割程度、計 3,250 万 m<sup>3</sup>程度が建築用木材と考えられる。これら建築用木材から製造される建築用木材製品は多種多様であり、全ての製品品目について言及することはとても困難である。ここでは、代表的な建築用木材製品として一般製材、集成材、合板、パーティクルボード、繊維板、LVL、フローリングを取り上げ、その製品規格と建築への用途を簡単に表 2-2-1 にまとめた。

表 2-2-1 主な建築用木材製品の種類と用途

区分	区分名	規格	建築分野での主な用途	
軸材料	一般製材	針葉樹の構造用製材	軸組構法住宅の土台、柱、梁、桁など構造材	
		針葉樹の造作用製材	敷居、鴨居、長押など内装材	
		針葉樹の下地用製材	間柱や野地板など下地材	
		広葉樹製材	家具など	
	枠組壁工法用製材	枠組壁工法用製材	枠組壁工法住宅の芯材	
	集成材	造作用集成材	JAS	内装材(敷居、鴨居、長押など)
		化粧ばり造作用集成材		軸組構法住宅の和室柱
化粧ばり構造用集成柱		軸組構法住宅の土台、柱、梁、桁、2階床根太など、 枠組壁構法住宅の土台、床根太、まぐさなど		
LVL	単板積層材	JAS	間仕切り壁下地材、間柱など下地材	
	構造用単板積層材		軸組構法住宅の土台、柱、梁、桁、2階床根太など、 枠組壁工法住宅の土台、床根太、まぐさなど	
面材料	合板	普通合板	壁下地、押入れ内張りなどの下地材	
		コンクリート型枠用合板	屋根や床の下地材	
		構造用合板	軸組構法、枠組壁構法住宅の耐力壁面材	
		天然木化粧合板	内装材(天井、壁面、床)その他ドアなど	
		特殊加工化粧合板	耐久性が要求される壁面	
	パーティクルボード	パーティクルボード	JIS	軸組構法、枠組壁構法住宅の耐力壁面材、床下地、 野地板
		インシュレーションボード		畳床、天井、壁面下地材、断熱性が要求される面
		中密度ファイバーボード(MDF)		家具用
	繊維板	ハードボード	JIS	壁下地材
		単層フローリング		床板
フローリング	複合フローリング	JAS	床板	

製材品<sup>21</sup>

天井板材



内装材使用例



無垢フローリング

パーティクルボード<sup>22</sup>

合板壁下地使用例

<sup>21</sup> 秋田スギの王国 秋田の木材情報ギャラリーHP (2008/01/27 確認)

<http://www.akitasugi.com/gallery/index.html> 天井板材、内装材、フローリング材も同様

## 2章 2-2 建築用木材製品の種類と用途

建築用木材製品の中でも JAS（日本農林規格）、JIS（日本工業規格）が混在しており、製品種類は非常に多い。とくに近年は建築用製品の性能保証に対する要求が強まっていることを受けて集成材や LVL、構造用合板などのエンジニアードウッド（EW）が次々と開発されており、製品種類の幅がさらに広がっている。ただし、1種類の製品が住宅の様々な部分に使用されるということではなく、製品の種類や樹種ごとに大まかに使用される住宅部材が決まっている。参考文献<sup>23</sup>の在来工法住宅における部材別木材使用量及び割合の試算値を表 2-2-2 に示す。

表 2-2-2 在来工法（軸組構法）住宅における部材別木材使用量及び割合（2005 年・試算値）

単位:万m <sup>3</sup>	製材		集成材		合板		計		使用量 (丸太換算)
	国産材	外材	国産材	外材	国産材	外材	国産材	外材	
柱類	165	15	35	155	0	0	200	170	370
	45%	4%	9%	42%	0%	0%	54%	46%	
土台	45	80	0	35	0	0	45	115	160
	28%	50%	0%	22%	0%	0%	28%	72%	
梁・桁	35	470	0	145	0	0	35	615	650
	5%	72%	0%	22%	0%	0%	5%	95%	
羽柄材	220	195	10	95	0	0	230	290	520
	42%	38%	2%	18%	0%	0%	44%	56%	
下地材	110	110	0	0	10	210	120	320	440
	25%	25%	0%	0%	2%	48%	27%	73%	
造作材	25	25	5	35	0	0	30	60	90
	28%	28%	6%	39%	0%	0%	33%	67%	
仕上材	60	10	0	0	0	0	60	10	70
	86%	14%	0%	0%	0%	0%	86%	14%	
計	660	905	50	465	10	210	720	1,580	2,300
	29%	39%	2%	20%	0%	9%	31%	69%	

資料 1:「木造軸組工法住宅の木材使用量(平成 13 年度調査)」日本住宅・木造技術センター

2:「平成 15 年建設資材・労働力需要実態調査」国土交通省

3:「平成 17 年住宅着工統計」国土交通省

4:日本住宅・木造技術センター資産

5:「プレカットの現況に関する調査」(社)日本木造住宅産業協会

(注) 1 木材原単位について、全体量は資料 2 から、構成比は資料 1 を使用

2 丸太換算率は 50%

3 柱には小屋束、床束などを、土台には大引きなどを、梁・桁には胴差などを含む。

4 製品別の振り分けは、柱については資料 4 を、羽柄材、下地材、仕上材、造作材については資料 1 を、その他については資料 1 及び資料 5 を使用。

5 合板については国産材利用率を用いて振り分け。

6 土台、梁の使用量については、資料 1 に基づき横架材を振り分け。

7 羽柄材、造作材のうち集成材については国産材利用率を用いて振り分け。

8 四捨五入のため割合の合計は 100%にならない場合がある。

ここで、羽柄材は筋交い、垂木、間柱など構造用材より小断面の角材を指し、下地材は屋根や壁の下地を構成する面材を主に指す。

表 2-2-1 を見ると、最も木材使用量の多い梁・桁では輸入材（主にベイマツ）の製材品の使用が多く、柱類では国産製材品（スギ・ヒノキ）と輸入材集成材（ホワイトウッド）がほぼ半々となっている。また、下地材は圧倒的に輸入合板の利用が多い。

22 (財)日本木材総合情報センターHP 2008/01/27 確認

<http://www.jawic.or.jp/> 合板も同様。

23 林野庁木材産業課資料「木材をめぐる現状」、林野庁木材産業課・木材利用課、2007

## 2-3 建築用木材の生産・流通・価格形成

これまで見てきたように多種多様な建築用木材は、どのように山から伐採され、製品となり、木造住宅に使用されるのだろうか。一般的に木材の流通システムはとても複雑であり、他の工業製品には見られない独特の価格形成の仕組みがある。ここでは、建築用木材製品の代表として一般製材品を取り上げ、その生産・流通の流れを大まかに述べる。

## (1) 建築用木材の生産・流通経路

図 2-3-1 に一般製材用木材の流通経路の概略図を示す。

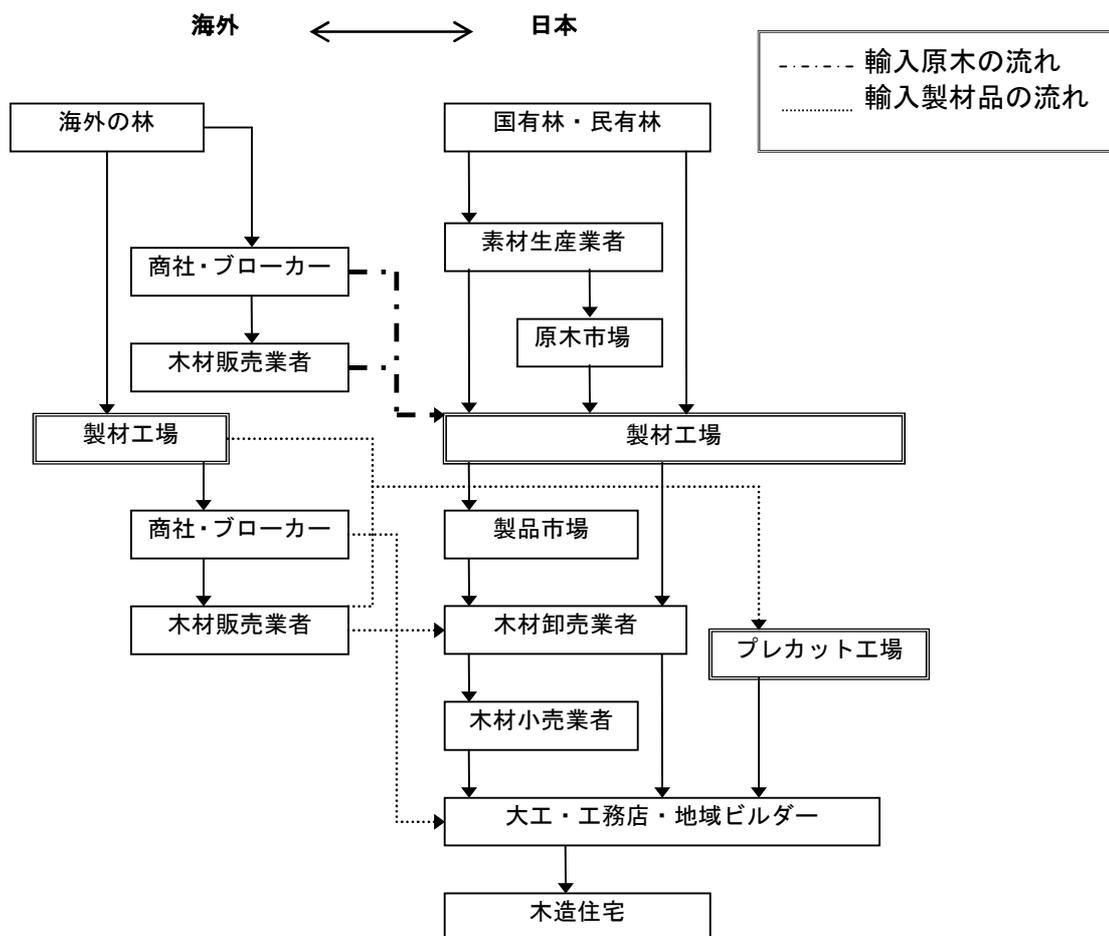


図 2-3-1 製材用木材の流通経路の概略<sup>24</sup>

国産材の流通の場合は、森林から伐採された丸太(原木)は原木市場や素材生産業者(伐採業務を行う林業家)を経て製材工場に入る。ここで生産された製材品は、製品市場や木材卸売業者(木材問屋)、木材小売業者(材木店)を経て大工・工務店・地域ビルダーなど施工業者に購入され、木造住宅に使用される。

輸入材の場合は、原木のまま輸入する場合と製材品の状態で輸入する場合があります、原木

<sup>24</sup> 「コンサイス木材百科」、(財) 秋田県木材加工推進機構、2002 を参考に作成

## 2章 2-3 建築用木材の生産・流通・価格形成

輸入の場合は商社や木材販売業者を介して製材工場に入る。その後の流通経路は国産材の場合とほとんど変わらない。また、製材品輸入の場合は木材卸売業者に入るほか、プレカット工場や大工・工務店・地域ビルダーに直接入る場合も多い。プレカットの進展によって、製品市場、卸売業者、小売業者などを頭越しする製材品の量が急激に増加している。

### (2) 建築用木材の価格形成

プレカットの進展により流通構造が単純化してきてはいるものの、依然として木材流通は多くの業者が関わる複雑なものであり、その分コストがかかる。図 2-3-2 に国産スギ材の流通によりどの程度コストが上乗せされるかを調べた調査結果<sup>25</sup>を参考文献<sup>26</sup>より引用して示す。データは1995年のものと多少古いが、流通過程でコスト上乗せされる様子は把握できる。ここに示すように、各事業者で手数料や加工コストが次々と加算されていき、材木店での小売価格は元の立木価格 7,200 円の 10 倍以上の 85,600 円となっている。さらにこの製材品が大工・工務店に販売され、継ぎ手・仕口の加工、施工業務が行われるため、実際に消費者に販売される価格はさらに高くなると考えられる。

流通経路	加工流通コスト(円/m <sup>3</sup> )	単位体積あたり販売価格
森林所有者		7,200円(立木価格)
素材生産業者	素材生産コスト	9,000
	立木在庫経費	100
	原木出荷運賃	2,800
	マージン・間接費	980
原木市場	市売手数料(原木価格の6%)	1,320
	さん積み費	600
製材工場	原木引き取り運賃	1,000
	歩留まり(72%)	8,900
	製材コスト	12,500
	マージン・間接費	9,090
	受取手形手数料	750
製品市場	製品出荷運賃	2,000
	市売手数料(製品価格の8%)	4,960
材木店	配列料	80
	マージン・間接費	18,600
	配達運賃	5,000

図 2-3-2 国産スギ材の流通コストフローチャートの例

<sup>25</sup> 調査出典：「平成 7 年度高度加工木製品等流通コスト縮減分析調査」、日本木材総合情報センター 群馬県で素材生産(伐採)、製材加工された製品が東京都の製品市場に出荷され、都内の小売店が購入したケースの追跡調査。原木は 3m×14～16cm の柱取り材、製品は 3m×10.5cm 角の特 1 棟の柱である。

<sup>26</sup> 「建築知識 2002 年 3 月号」p.178、エクスナレッジ、2002

## 2-4 建築用木材の木造住宅での使用

次に、2-3 で見たような複雑な生産・流通経路を経て消費者・施工業者の手に渡った建築用木材製品から、どのような木造住宅が建てられているのかについて述べる。現代の木質構造は、その構法や使用材料からみてきわめて多様であるが、これを構法・用途・構造形式の面から分類すると表 2-4-1<sup>27</sup>のようになる。本論では、この中でもとくに木造住宅(伝統構法・軸組構法、木質パネル構法、枠組壁工法)に着目する。

表 2-4-1 木質構造の分類

法規上の分類	構法の名称(通称)	構造形式	主な用途
在来構法	伝統構法	軸組、軸組+壁	住宅、神社、寺院、数寄屋、茶室
	軸組構法		住宅、店舗、事務所、集会場、学校
	木骨土蔵造	軸組+壁	倉庫、蔵、店舗
	木骨組積造		
木質プレファブ構法	軸組式	軸組	住宅、店舗、事務所
	パネル式	壁	
	モジュラー式		
枠組壁工法	2×4(ツーバイフォー)		
丸太組構法	校倉造・ログハウス		
大断面木造	集成材構造・ハイブリッド構造	軸組、軸組+壁、ラーメン、トラス、サスペンション、アーチ、ドーム、シェル	展示施設、体育館、集会場、学校、協会、事務所、倉庫、店舗、住宅

## (1) 伝統構法・軸組構法

伝統構法・軸組構法は原則的に柱と梁や桁などの横架材を継ぎ手・仕口で接合して軸組を構成し、鉛直加重を負担する構法であり、日本の木造住宅では古くからよく用いられる構法である。

一般的には戦前に立てられた民家や農家に見られるような、太い主要構造部材と様々な断面の部材を複雑な継ぎ手・仕口で接合する単純な木組の構法を伝統構法と呼ぶ。1950年の建築基準法以降は、とくに地震など水平方向の加重への抵抗性を向上させるため、壁に筋交い、床組や屋根面に火打梁を入れ、さらに柱や針の接合部に接合金物を使用することが多くなった。さらに近年ではプレカット加工、壁面・床面に構造用合板を使用することも増えてきている。こうした軸組以外に壁にも構造要素としての効果を期待する構法を(現代)軸組構法と呼び、伝統構法と区別している。伝統構法と軸組構法の違いを表 2-4-1 にまとめた。

<sup>27</sup> 「コンサイス木材百科」、(財) 秋田県木材加工推進機構、2002 より引用

表 2-4-1 伝統構法と軸組構法の比較

差異が見られる部分	伝統構法	軸組構法
壁内の耐震要素	貫	筋交い
水平面の剛性確保	梁や桁、根太のかん合	火打ち梁
壁材料	土壁+しっくい	ボード+クロス
壁	真壁(柱を見せる)	大壁(柱を隠す)
継ぎ手・仕口	精巧、手刻み	簡略、プレカット+接合金物
部材断面寸法	大(とくに主要構造部材)	小
基礎	玉石、布石基礎	連続布基礎

現在では伝統構法の住宅はほとんど建てられておらず、木造住宅の 8 割近くは軸組構法である。図 2-4-1<sup>28)</sup>に軸組構法の架構を、図 2-4-2<sup>29)</sup>に継ぎ手・仕口と接合金物の例を示す。図に示されているように、伝統構法・軸組構法は、柱、梁、桁、母屋など部材数が非常に多くその断面も様々である。

伝統構法住宅の主な供給者は高い技術力をもった大工・工務店であり、軸組構法住宅の供給者は住宅メーカー、大工・工務店などである。

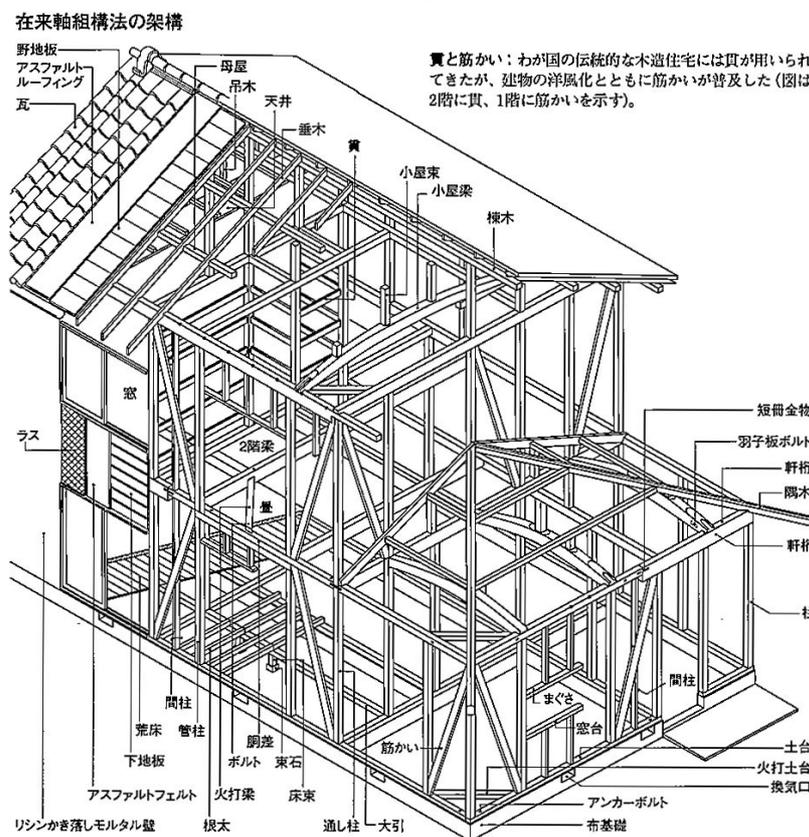


図 2-4-1 軸組構法の架構

28 「図解辞典 建築のしくみ 第7版」、彰国社、2005 より引用

29 同上

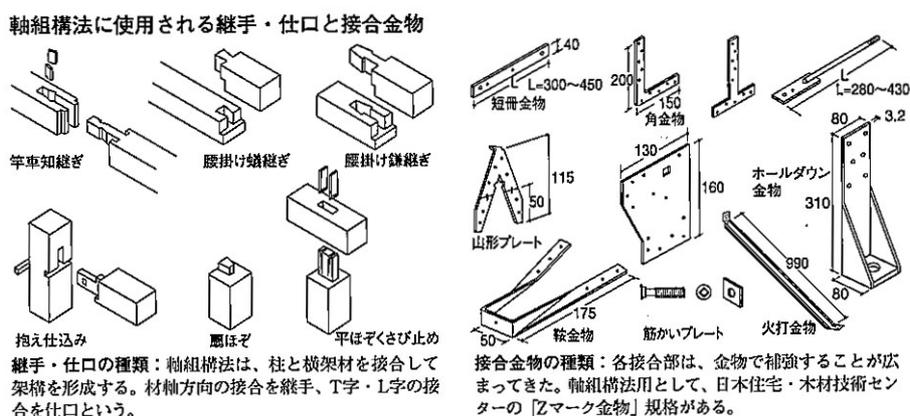


図 2-4-2 軸組構法に使用される継ぎ手・仕口と接合金物

## (2) 木質パネル構法

木質パネル構法は工場生産の木質パネルで壁や床を作り、それらを組み立てていく壁式構造である。木質プレファブ住宅のうちのほとんどがこの木質パネル構法で建てられている。軸組構法や枠組壁工法の建物が資格を持つ建築士であれば誰でも設計でき、登録建設業者であれば施工できるのに対して、木質パネル構法は国土交通大臣が特別に定める材料・生産方式によって特定の事業者（プレファブ住宅メーカー）のみが建設できる。この構法で認定された工業化の程度（パネル化の度合い）は様々である。軸組構法にパネルをはめ込むだけのものから、柱・横架材もなく全てパネルで組み立てられる方式、さらには部屋サイズでユニット化し、内外装や配線・配管・設備の一部までを組み込むものまでである。壁パネルの大きさは、幅を910mm程度とする中型パネルと、1部屋の一边程度を幅とする大型パネルがある。

木質パネル構法の特徴は、施工期間が短いこと、耐震性と断熱性が優れているということである。プレファブ住宅メーカーのパネル工場で製造されたパネルを施工現場でくみ上げるため、施工期間が他の構法と比較して短い。さらに、壁、床、天井、屋根などが箱型となり一体化するため剛性・耐震性が高い。また、パネル内に断熱材を充填していたり、パネル間の接合部の組み立て精度が高いことによって熱損失が少ないため断熱性が高い。

木質パネル構法の架構を図 2-4-3<sup>30</sup>、に、中型パネルと大型パネルの架構を図 2-4-4<sup>31</sup>に示す。

<sup>30</sup> 「図解辞典 建築のしくみ 第7版」、彰国社、2005 より引用

<sup>31</sup> 同上

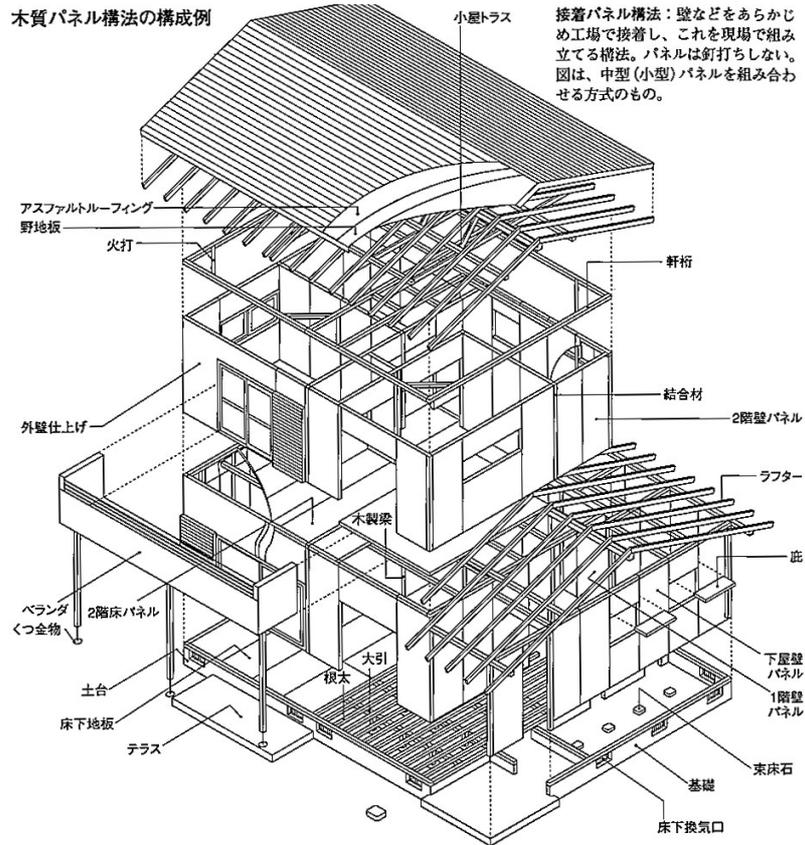
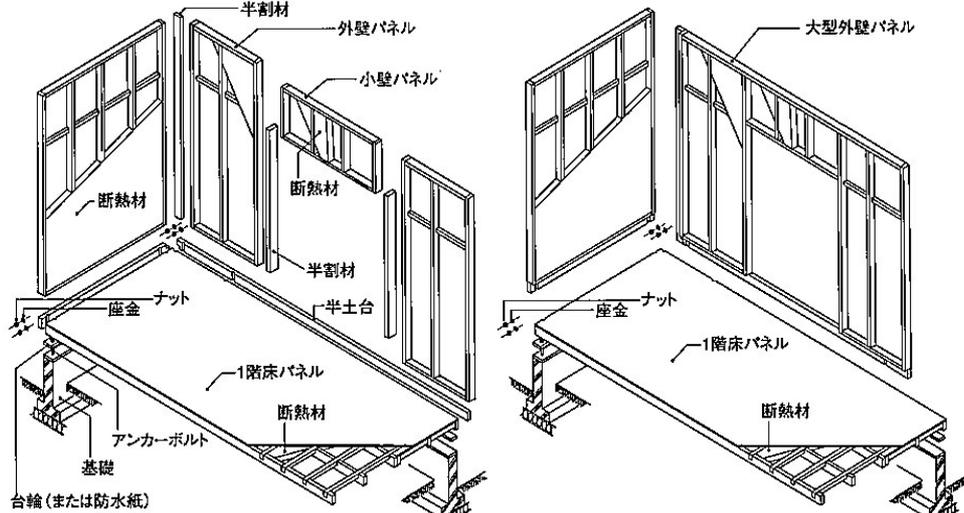


図 2-4-3 木質パネル構法の架構

木質パネル構法の架構(1階部分)



中型(小型)パネル構法：垂れ壁・腰壁が分割されている。切妻屋根の妻部分には、三角形の屋切りパネルが取り付けられる。

大型パネル構法：パネルは開口を含んだ門型となる。上図ではプラットフォーム構法を採用している。また、屋根は一般にトラス構法である。

図 2-4-4 中型パネル構法と大型パネル構法

### (3) 枠組壁工法

枠組壁工法とは、元は北米で主流の構法で、1974年建設省告示で認められ、わが国の一般的な構法の1つになった。「木材で組まれた枠組に構造用合板その他これに類するものを打ちつけた床及び壁により建築物を建築する工法」が法規上の定義である。使用する製材はJASに規定され、その製品種類は十数種と少ない。そのうち最もよく使用されるのが2インチ×4インチ(実寸は38×89mm)の製材であることからツーバイフォーが通称となっている。枠組壁工法用製材品のほか、Iビーム(TJI)<sup>32</sup>やLVL、OSB<sup>33</sup>などエンジニアードウッドが多用される。

枠組壁工法の特徴は、構造部材の接合部が単純であること、施工が簡単で施工期間も短いこと、また剛性と断熱性能が高いことがあげられる。枠組壁工法の継ぎ手・仕口は加工をせず、3種類の釘打ち工法を部位別に使い分け、一部接合金物を使って接合する単純なものである。建て方はプラットフォーム工法とよばれるように、基礎・土台→1階床組→1階壁組→2階床組→2階壁組→小屋組の順に行われる。材料、施工手順が単純化されているため、工事に特別の技能を要さず、短い工期で施工でき、作業場に床組を利用できるなど施工性も高い。また、内外壁ともに大壁づくりとなり床組も含めては小型に一体化するので木質パネル構法と同様に高い剛性と断熱性が得られる。

枠組壁工法の架構を図2-4-5<sup>34</sup>に、壁の構成の仕方を図2-4-6<sup>35</sup>に示す。

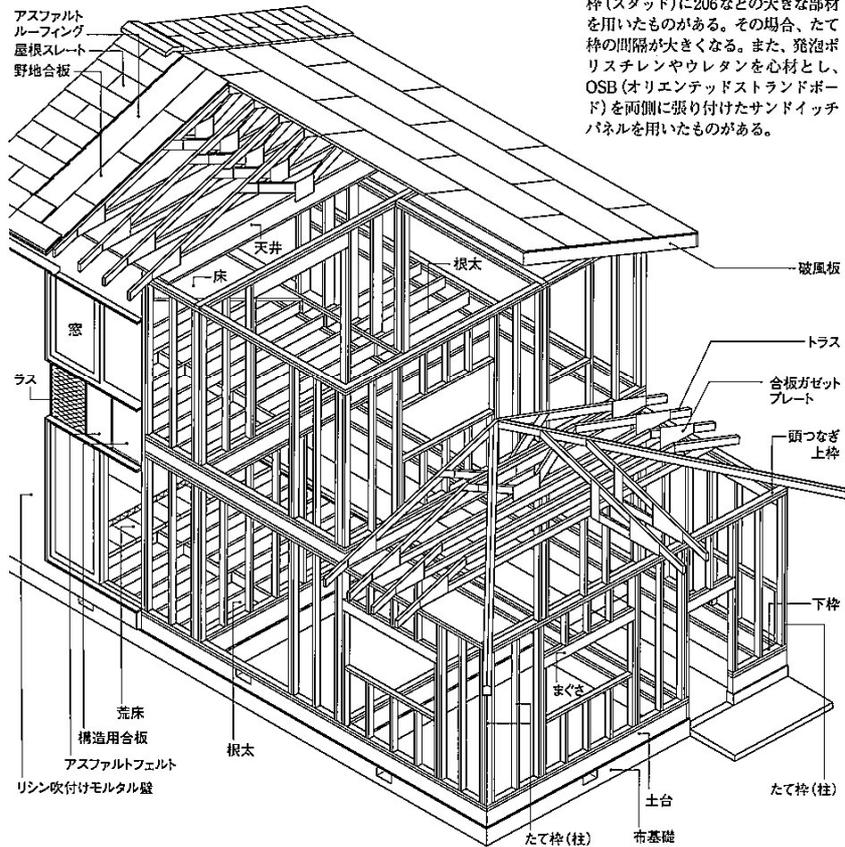
<sup>32</sup> フランジに構造用LVL、ウェブにはOSB(構造用パネル)を使用し強度が合理的に発揮できるようI型に組み立てられた木質の複合梁

<sup>33</sup> パーティクルボードよりも大きく薄い木片を積層接着して製造する木質ボード。北米では面材としてよく利用される。

<sup>34</sup> 「図解辞典 建築のしくみ 第7版」、彰国社、2005 より引用

<sup>35</sup> 同上

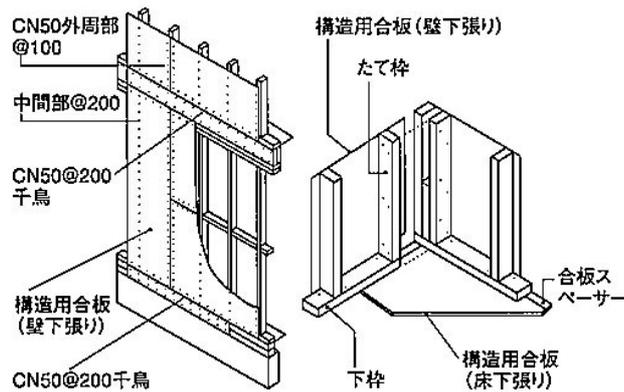
ツーバイフォー構法住宅の架構



ツーバイフォー構法の発達：ツーバイフォー構法でも、合板が普及するまで筋かいが使われてきた。また、たて枠(スタッド)に206などの大きな部材を用いたものがある。その場合、たて枠の間隔が大きくなる。また、発泡ポリスチレンやウレタンを心材とし、OSB(オリエンテッドストランドボード)を両側に張り付けたサンドイッチパネルを用いたものがある。

図 2-4-5 枠組壁工法の架構

ツーバイフォー構法の各部構造



壁の構造：ツーバイフォー構法では、壁や床はディメンションランバーと呼ばれる規格化された木材を用いる。

図 2-4-6 枠組壁工法の壁の構造

## 2-5 建築用木材の再資源化

2-3 で見たような建築用木材製品の生産・流通段階や、2-4 で見たような木造住宅が解体される際には様々な木質系の副産物が発生する。具体的には、森林の維持管理の際に行われる間伐、伐採によって発生する間伐材や林地残材、製材工場から発生する樹皮や端材、解体現場から発生する解体材などがあげられる。ここではこうした副産物がどのように再資源化されるかについて述べる。

なお、これらの副産物は法律上は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（廃棄物処理法）の規定によって、産業廃棄物と一般廃棄物に分類される。しかし、本論では木材の再資源化を重要なテーマとして掲げており、再資源化可能なもの（再資源化の原料となりうるもの）を副産物、再資源化が不能なものを廃棄物と区別する。よって、ここでは再資源化の可能性のあるものとしてこれらを副産物と呼ぶ。

### (1) 再資源化方法

建築用に限らず、木材の再資源化方法には大きく分けてリユース、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクルの3種類がある。

リユースは一度使用された製品を再度使用することで、建築用木材では古民家の解体で発生する解体材（古材）を再び木造住宅の部材として利用することが行われている。

マテリアルリサイクルは副産物を再加工してもとの製品とは異なる製品を製造することである。建築用木材の副産物からは主に製紙やボード、家畜の敷き藁、道路舗装材、土壌改良剤などが製造されている。マテリアルリサイクルは再資源化方法の中でその手法が最も多岐にわたっており、副産物の種類などによってリサイクルされてできる製品にも様々なものがある。

サーマルリサイクルは副産物を燃焼させて、電力や熱を製造することである。リユースやマテリアルリサイクルが、木材そのものの性質は変化させず、繰り返し行うことが可能であるのに対して、サーマルリサイクルは一度行えば木材は灰となり再度再資源化することはできなくなる。サーマルリサイクルのうち、電力を製造するものをとくに（木質）バイオマス発電と呼ぶ。

木材はある製品として廃棄された後、別の製品として再利用されるマテリアルリサイクルを繰り返し、その過程で資源として劣化し、製品として使用できなくなった場合に燃料として利用されるサーマルリサイクルを行う。このように木材は、1つの用途で使い終わった後も別の用途に再使用する多段階（カスケード）利用ができるという特徴を持つ。

次ページ表 2-5-1 に木材の再資源化方法をまとめる。なお、これらの再資源化方法は木材一般に行われるものであり、とくに建築用木材に特徴的な再資源化方法は古材のリユースのみである。また、木質ボードや木質系建材にマテリアルリサイクルされた場合は、リサイクル製品は建築用として利用されることが多い。

表 2-5-1 木材の再資源化方法の種類

再資源化方法	原料	処理方法	再資源化製品	利用用途
リユース	解体材(古材)	—(実際には多少の再加工が行われることが多い。)	建築資材	建築物への再使用
マテリアルリサイクル	間伐材	製材加工	間伐材木製品	木製堰堤・家具など
		丸棒加工	土木用資材	工事用資材
		破碎、ガス化	メタノール	燃料
		炭化	木炭	土壌改良、防臭、調湿材など
	製材端材	チップ化	製紙	製紙
			木質ボード	内装材、下地材、家具など
	製材端材・廃ブラ	粉碎	再生木質建材	エクステリア、建具
	おがくず	—	家畜敷き藁	家畜敷き藁
きのこ栽培下地			きのこ栽培下地	
おがくず・樹皮	粉碎・発酵	堆肥	土壌改良剤など	
樹皮	粉碎・接着	インシュレーションボード	断熱材など	
サーマルリサイクル	上記全て	必要な物はチップ化等	電力・熱	補助電力・木材乾燥・暖房
			電力	補助電力
			熱	木材乾燥・暖房



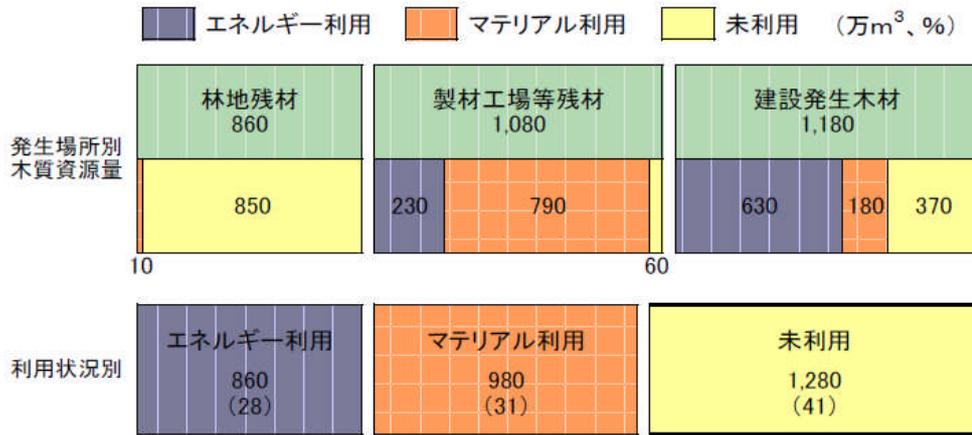
木製堰堤



チップ

(2)再資源化の実施状況

建築用木材の副産物発生状況、その再資源化実施状況に関しては、統計調査があまり行われていないのが実情である。ここでは、林野庁資料<sup>36</sup>より木質バイオマス（本論での建築用木材の副産物とほぼ同義と考えられる）の利用状況についての調査推計を引用し、図2-5-1に示す。



(資料) 林野庁「木材需給表」  
農林水産省「農林水産統計（木質バイオマス利用実態調査（平成17年）」  
国土交通省「平成17年度建設副産物実態調査」、(財)日本住宅・木材技術センター報告書  
等により林野庁で推計。

図 2-5-1 木質バイオマスの利用状況

図 2-5-1 より、木質バイオマス（副産物）の発生量は 3,120 万 m<sup>3</sup>と推計され、このうち 980 万 m<sup>3</sup>がチップ化された後製紙や木質ボードとしてマテリアルリサイクルされており、860 万 m<sup>3</sup>が燃料としてサーマルリサイクルされている。林地残材に関しては、収集運搬コストがかかることからほとんどが利用されていない。一方、製材工場の端材は 8 割近くがマテリアルリサイクルされている。建設発生木材（＝解体材と新築現場の端材を合わせたもの）は 5 割以上がサーマルリサイクルされる。

<sup>36</sup>林野庁木材産業課資料「木材をめぐる現状」、林野庁木材産業課・木材利用課、2007

### (3)再資源化に関わる法規

一般的に再資源化は、製品の生産を主目的においた行為ではないため、再資源化を行うことに何らかのメリット（再資源化製品の需要があるなど）がない限りは、法規制で促進してゆくこととなる。ここでは、木材の再資源化において大きな影響を及ぼしていると考えられる2つの法律について述べる。

#### ・建設リサイクル法

建設工事に伴って発生する建設廃棄物は、産業廃棄物全体の排出量および最終処分量の約2割を占め、また不法投棄量の約7割を占めていることから、建設廃棄物についてとくに再資源化を推進する必要があるとされ、2000年5月に建設リサイクル法（正式名称：「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」）が制定された。

同法は、一定規模以上<sup>37</sup>の建築物の解体・新築工事の受注者等に対し、①アスファルト・コンクリート塊、②コンクリート塊、③建設発生木材の分別解体<sup>38</sup>と再資源化を義務付けている。この3品目を再資源化の対象とした理由は、これら③品目で建設廃棄物の8割以上を占めることや、再資源化技術がある程度確率・普及しておりその義務化が事業者にとって過度な経済的負担を招かないことなどがある。

次ページ図2-5-2に建設廃棄物の品目別排出量・品目別最終処分量を国土交通省調査<sup>39</sup>より引用示す。これによれば、建設廃棄物の品目別排出量は1995年度から2005年度までに9,910万tから7,700万tに、建設発生木材は600万tから470万tに減少している。また、最終処分量も大幅に削減されており、2007年度の建設発生木材の最終処分量は1995年度と比べておよそ1/10にまで減っている。しかし、再資源化が義務付けられている他の2品目は再資源化率が98%以上となっているのに対し、建設発生木材の再資源化率は68%で、縮減<sup>40</sup>も含めた再資源化等率が90%であった。この原因は、建設リサイクル法では建設発生木材に関しては、運搬コストなどの問題から50km以内に再資源化施設がない場合や、離島などの地理的条件がある場合は、焼却処理などによる縮減もやむをえないと認めていることがある。

#### ・新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法

京都議定書の目標値を達成するために、二酸化炭素の排出の少ない新エネルギーを利用する事業者への支援措置などを規定した「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」も、木材のバイオマス発電への利用を促進する強い効果を及ぼしている。2003年4月には、電気事業者に対して毎年一定量以上の新エネルギーの利用を義務付ける法律「電気事業者による新エネルギー利用等の促進に関する法律（RPS法）」も施行された。こうした中で、解体材や製材工場端材などの木材を燃料としたバイオマス発電事業には電力会社のほか、製紙会社、大手商社、木材リサイクル業者などが参入を加速させるとともに、政府補助を活用してエネルギーを効率的に利用する技術開発のための実証プラントを稼働させている。

<sup>37</sup> 一定規模とは、解体の場合は床面積80㎡、新築の場合は床面積500㎡と政令で定められている。

<sup>38</sup> 解体工事において従来行われてきたミンチ解体では、様々な種類の建築資材が混合した建設廃棄物が発生するため再資源化が難しく、ほとんど全てを最終処分せざるを得なかった。

<sup>39</sup> 「平成17年度 建設副産物実態調査」、国土交通省、2006

<sup>40</sup> 焼却、脱水、圧縮その他の方法により建設廃棄物の大きさを減ずる行為

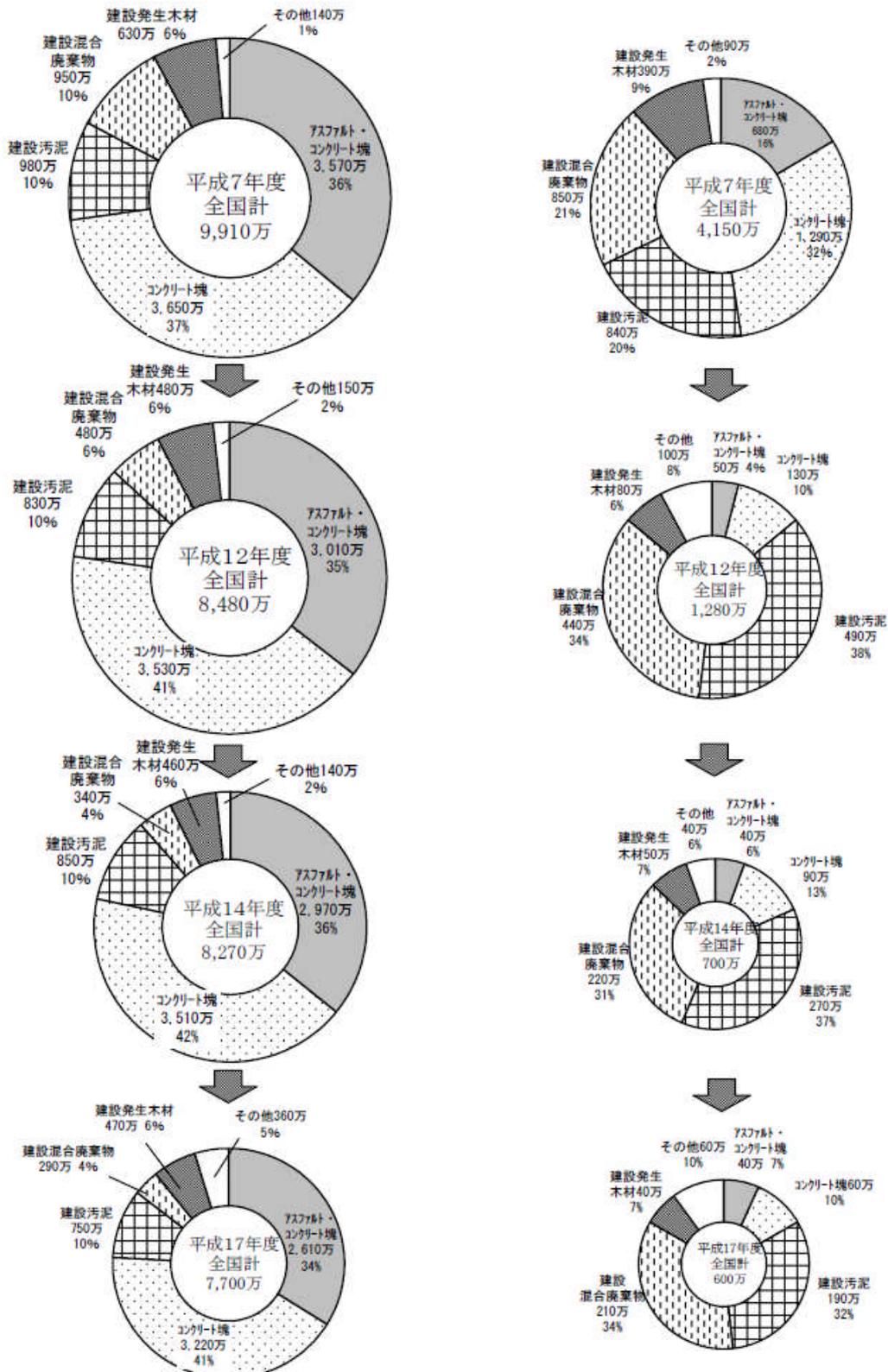


図 2-5-2 建設廃棄物の品目別排出量・品目別最終処分量

2-6 建築用木材のライフサイクルと資源循環

ここまで、建築用木材に関して俯瞰的把握を行ってきた。本章の最後に、建築用木材のライフサイクルモデルを提示する。図 2-6-1 に提案するモデルを示す。

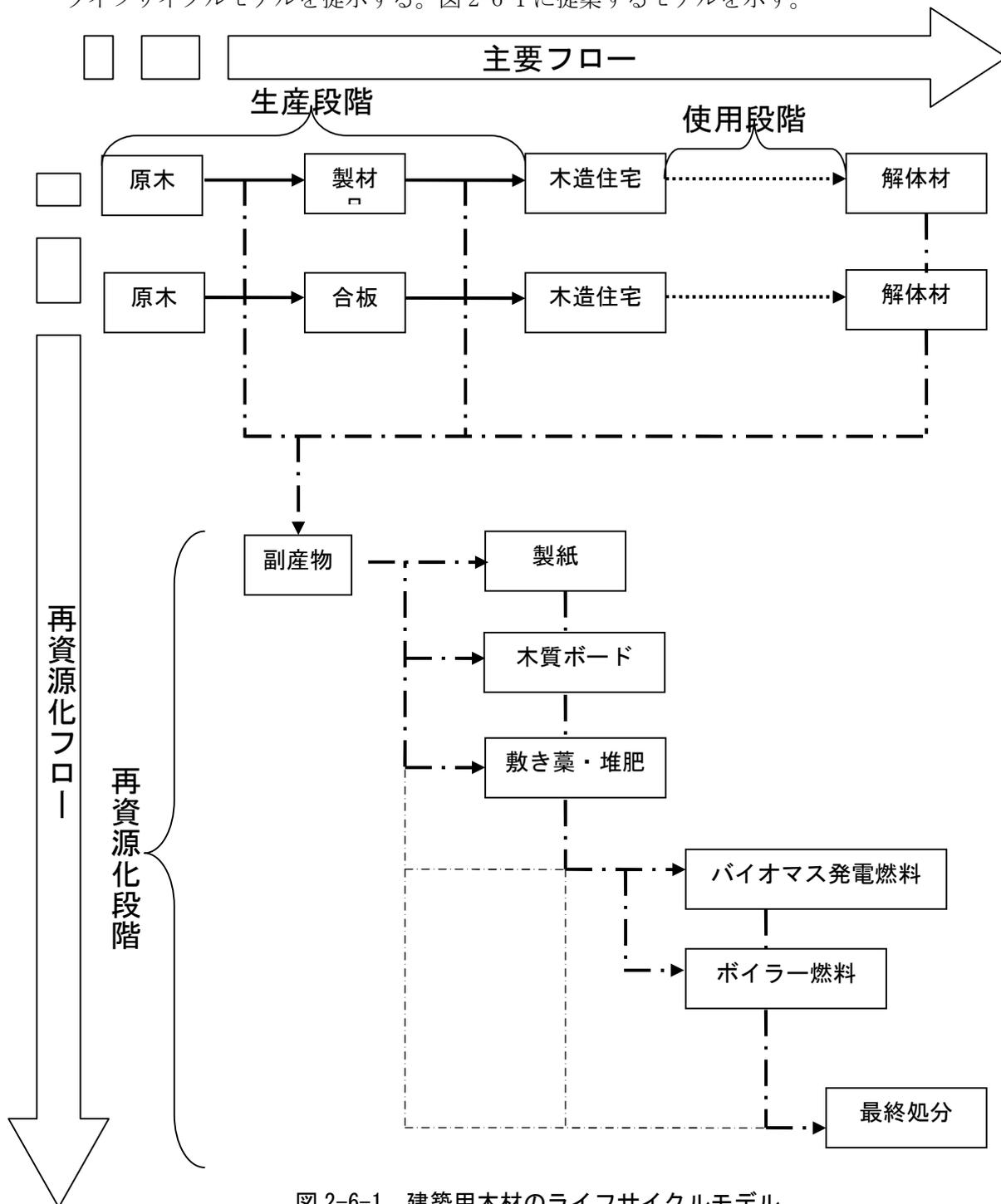


図 2-6-1 建築用木材のライフサイクルモデル

## 2章 2-6 建築用木材のライフサイクルと資源循環

原木から製材品や合板を製造し、(図中では製材と合板のみを示したが、集成材やフローリングなども含む)木造住宅に使用されるまでを「生産段階」と呼ぶ。そして、木造住宅が使用される期間を「使用段階」と呼ぶ。使用段階は木造住宅の解体をもって終了する。生産段階や使用段階では、製材端材や解体材など副産物が発生する。こうした副産物は、製紙やボード、敷き藁、堆肥などとしてマテリアルリサイクルされる。マテリアルリサイクルされた製品や、マテリアルリサイクルされなかった副産物はバイオマス発電燃料やボイラー燃料としてサーマルリサイクルされる。サーマルリサイクルされた後発生する焼却灰や、リサイクルが不可能な副産物は最終処分される。これら、副産物がマテリアルリサイクル→サーマルリサイクル→最終処分されるまでを「再資源化段階」と呼ぶ。建築用木材のライフサイクルは、「生産段階」、「使用段階」、「再資源化段階」の3つの段階から構成されると考えることとする。

さらに、建築用木材の資源循環フローを考えるために、生産段階～使用段階までの建築用木材のフロー(関わる事業者や流通経路など)を主要フロー、再資源化段階のフローを再資源化フローと呼ぶこととし、資源循環フローはこの2種類のフローによって構成されていると考えることとする。各フローの特徴を表2-6-1に示す。

表 2-6-1 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)	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
平均時間	30～40年	数年～数十年

そもそも「資源循環」とは、建築分野で言えば木材や鉄、コンクリートなどの資材を可能な限り有効に、繰り返し使用することである。最もイメージしやすい資源循環は廃棄物を再度原料として再資源化することであろう。もし完全な資源循環が行われれば、はじめに一定の資材を投入すればその後は資材を投入せずとも常に一定量の製品(建築物)を生産し続けることができる。しかし、現実はそのほど単純ではなく、とくに木材の場合はさまざまな副産物が発生し、また再資源化の方法も多様であるために完全な資源循環を行うことは困難である。

一方で、木材は数十年から百年という期間で再生が可能である、という他の建築資材が持たない特徴をもっている。同時に、二酸化炭素の固定という面でも、二酸化炭素を吸収し続けた木が、木材として利用されている間は二酸化炭素を固定し続け、さらに焼却や普及によって、再び木の成長のための二酸化炭素を排出する。すなわち、木材という物質の面でも、二酸化炭素の面でも木材は数十年から数百年の期間で大きな循環をしているということになる。これに対して、再資源化段階を含む木材のライフサイクルは小さな循環とみなすことができる。図2-4-2<sup>41)</sup>に木材の2つの資源循環を示す。

<sup>41)</sup> 松井郁夫建築設計事務所 HPより引用(2008/01/25 確認)  
[http://matsui-ikuo.jp/philosophy\\_1.html](http://matsui-ikuo.jp/philosophy_1.html)



図（出典）有馬孝禮先生の講義よりアレンジ

図 2-6-1 木材の2つの資源循環

一般的な資源循環の例として取り上げられることの多いアルミ缶やペットボトルのリサイクルと、建築用木材の資源循環が決定的に異なる点は、その製品としての寿命である。アルミ缶やペットボトルのように製品寿命が短く、使用後すぐに再資源化に回る製品の場合、主要フロー→再資源化フローのように2つのフローは連続する。しかし、建築資材の場合は、使用期間が長いために主要フローの期間が長くなり、再資源化フローは主要フローで発生する副産物をスタート地点として始まる。

さらに建築用木材の場合、大きな資源循環フローについても考慮しなくてはならない。すなわち、大きな資源循環を成立させるためには森林で伐採量と等しい木材が成長するまで小さな循環を回し続けなくてはならない。

このように、建築用木材の資源循環フロー、とくに小さな資源循環はとても複雑である。そして、小さな資源循環をうまく回すことが大きな資源循環が成立するか否かに大きな影響を及ぼしている。次章、次々章では、モデル的に把握した木材の小さな資源循環について行った実態調査について述べる。

### 3章 秋田県産材の資源循環に関する実態調査

---

- 3-1 調査の方法と対象
- 3-2 秋田県産材の資源循環フロー
- 3-3 資源循環フローの各段階の分析
- 3-4 秋田県産材の資源循環フローの特徴

### 3 章 秋田県産材の資源循環に関する実態調査

#### 3-1 調査の方法と対象

2 章においては、建築用木材について、量的把握 (2-1) 及び製品の種類(2-2)、生産過程 (2-3)、木造住宅での使用 (2-4)、再資源化方法 (2-5)、ライフサイクル(2-6)についてそれぞれ俯瞰的に把握した。

本章においては、2 章で得た俯瞰的把握をより実態に即したものとするため、秋田県産材を対象として取り上げ、秋田県産材が森林から伐採され、製材され、木造住宅に使用され、一定の使用期間を経た後解体され、再資源化され、最終処分されるまでの一連の資源循環フローを関連主体に対する聞き取り調査(1 章表 1-3-1 調査い)をもとに明らかにしていく。なお、秋田県産材を調査対象として選定した理由は、第一に秋田県が全国第 6 位の素材生産量<sup>42</sup>を誇り、古くから豊富な秋田スギの資源をもとに能代市を中心として製材業が盛んに行われているからである。さらに、能代市を中心としてチップ業者・製糸業者・ボード業者・畜産業者・バイオマス発電所と様々な再資源化業者が見られ、秋田県内で伐採された木材が製品に加工される段階で排出される、あるいは秋田県内の木造住宅が解体されて排出される副産物の再資源化方法として様々な選択肢が用意された状態になっていることも理由のひとつである。

また、秋田県で生産される製品のうち秋田県内で使用されるものは約 6 割程度で、残り 4 割の大半は首都圏に出荷<sup>43</sup>されている。そのため、主要フローの製材加工以降の段階と、再資源化段階においては首都圏内での該当業者に対しても聞き取り調査(1 章表 1-3-1 調査ろ)を行った。

聞き取り調査は、2005 年 9 月から 2007 年 7 月までのほぼ 2 年間にわたり行い、聞き取り調査・現地調査を行った関連業者は 40 業者に及ぶ。調査の対象とした業者の一覧を表 3-1-1 に、秋田県における調査対象各業者の位置を図 3-1-1 示す。

---

<sup>42</sup> 「平成 17 年度 木材需給報告書」、農林水産省、2006

<sup>43</sup> 「平成 18 年度 秋田県林業統計」p.89、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

表 3-1-1 調査対象一覧

業種		対象団体名	所在地	業務内容・特徴	調査日時
森林管理・伐採	森林管理	O森林組合(伐採現場)	秋田県北秋田市	森林の保守管理、立木の伐採、販売を行っている。森林の荒廃・木材価格下落に対する危機意識が強い。	05,09
	伐採	H素材生産業者	秋田県大館市	秋田スギを中心とした伐採業務(主伐と間伐の割合はほぼ半々)及び製材を行っている。高性能林業機械を導入しており、伐採業務の効率化を図っている。	07,06
	素材流通	K木材センター(原木市場)	秋田県大館市	原木市場、製品市場を月2回開催し、製材加工業者が原木を購入する場となっている。	06,03/06,07
製材加工	製材加工	O森林組合(製材工場)	秋田県北秋田市	秋田スギの小規模製材工場。組合で管理する山から伐採した丸太を搬入、製材。間伐材や不良材などから木製堰堤を製作するなど木材需要の拡大を狙っている。	05,09
		K材木店(製材工場)	秋田県能代市	昔ながらの中規模製材工場であり、多品種少量生産。秋田杉銘木を取り扱い、地産地消を掲げる建築家に製材品を提供している。	05,09
		K製材工場	秋田県大館市	代々続く秋田スギ中規模製材工場。今では珍しい桶たる製造も行っており、一本の丸太を効率よく使用し、できる限り廃棄物を出さない姿勢が根付いている。	06,03/06,07
		T製材工場	秋田県能代市	秋田スギの大規模製材工場。コンピューター制御のラインを導入し生産効率を高めている。木屑焚きボイラー燃料に自社発生端材及び樹皮を使用している。	06,11
		S協同組合(製材工場)	秋田県大館市	秋田スギの中規模製材工場。芯持ち角材を主に製造している。自社でチップパーを保有し、また木屑焚きボイラーの導入も行って、現在試験運用段階にある。	06,11
		H製材工場	秋田県山本郡	秋田スギの大～中規模製材工場。製品の種類(垂木・羽目板・フローリングなど)が多い。製品の8割が受注生産である。乾燥機を近年導入し、現在製品の2割が乾燥材である。	07,06
	集成材製造	H集成材工場	秋田県能代市	機械化の進んだ大規模集成材工場。原料は100%外材(レッドパイン、ホワイトウッド)ラミナで、工場内で乾燥を行っている。	05,09
		A集成材工場	秋田県大館市	主に輸入材(レッドパイン)を原料とする集成材工場だが、秋田スギの大断面集成材製造にも実績がある。近隣に再資源化業者が存在せず、再資源化を行いにくい状況にある。	05,09
		K木材センター(集成材工場)	秋田県大館市	協同組合が設立した大規模秋田スギ集成材工場。工場周辺の組合員がラミナを製造し工場に納入、乾燥は木くず焚きボイラーで行っている。	06,03/06,07
		I集成材工場	秋田県能代市	国産ヒノキ材を主に原料とする大規模集成材工場。化粧材も製造している。集成材工場で大量に発生するかんなくずを自社内の木くず焚きボイラー燃料として、ラミナ乾燥を行っている。	06,09/06,11
		M集成材工場	秋田県南秋田郡	北欧・中欧から輸入した乾燥材を原料とする大規模集成材工場。ダイオキシン規制法制定によりバイオマス発電設備を導入し	06,11
	合板製造	A合板工場	秋田県秋田市	ロシア材・北欧産材を主に原料とする大規模合板工場。製品は広く日本中に出荷されている。自家用バイオマス発電所をもつ。近年のロータリー技術革新により生産量が増大し、また秋田スギ間伐材の使用量も増えている。	05,11
	フローリング製造	Yフローリング製造工場	秋田県由利本荘市	中国大連に単板製造工場をもち、中国・米国からの輸入単板をフローリングに加工、最終仕上げのみを行っている。	06,10
		Fフローリング製造工場	秋田県北秋田市	広葉樹原木を原料としてフローリング、家具・ピアノ用板材を製造している。秋田スギを芯材に使用したフローリングにも取り組んでいる。	07,06
	製材品流通	K卸売業者	秋田県秋田市	秋田県外にも展開する木材問屋。秋田スギの取扱量は約3割と比較的高い。客のニーズに応えるためにプレカット工場も持っている。	05,09
N運輸会社		秋田県能代市	主に木材を取り扱う運送会社。運送業のほか、倉庫業、社員の目利き技術向上のために山の管理なども行っている。	05,09	
再加工	プレカット	A協同組合	秋田県秋田市	プレカット加工を主な業務としており、エクステリアの製材や防蟻加工などもプレカット業務と並行して行っている。プレカットを行う製材品は東北地方から、販売先はほぼ秋田県内である。年間1万坪程度のプレカット部材加工を行っている。	7,06
		Pプレカット工場	茨城県坂東市	年間1200棟、約38万坪のプレカットを行う大規模プレカット工場。工場内発生端材はチップ化している。	05,10
施工	施工現場	S物産館	秋田県山本郡二ツ	地産地消を掲げる建築家による伝統構法を用いた物産館である。	05,09
		Zケアハウス	秋田県大館市	地元の材木屋による老人ホームで、木材を間柱にいたるまでふんだんに使用している。	05,09
	設計事務所	N設計事務所	秋田県能代市	秋田スギを使用した住宅や公共建築の設計を多く手がける設計事務所。木造の高気密高断熱構法の開発に熱心に取り組んでいる。	6,09
		K料亭	秋田県能代市	明治23年創業の老舗料亭で、国の登録有形文化財である。1枚1畳の大きさの天然秋田杉天井板を組んだ格天井が見事である。	06,09
		A小学校	秋田県能代市	旧校舎の老朽化にともない、N設計事務所の設計で平成18年に竣工した新しい小学校である。外壁や内装、家具などに秋田スギを中心とした多量の木材を使用している。	06,09
大館樹海ドーム・樹海体育館	秋田県能代市	大館樹海ドームは伊東豊雄建築設計事務所の設計によるもので、秋田スギの大断面集成材を屋根架材として使用している。	05,09		
解体	解体	K解体業者	埼玉県さいたま市	高い解体技術を持ち、一般住宅の解体から大規模建築物、古材リユースを目的とした解体などを手がける。また、中間処理施設をもち、解体材を自社内でチップ化することができる。	08,01
		H収集運搬業者	秋田県能代市	建築解体材などの収集運搬を行う。廃木材の処理に手を焼いており、新しい処理技術の開発に積極的。	05,11

表 3-1-1 調査対象一覧

再資源化	再資源化	リユース	H古材バンク	東京都江東区	元材本店であったが、プレカットの浸透による流通の中抜きに危機感を感じて古材バンクを始めた。主に首都圏内の古民家の解体現場から柱梁・建具などを無償あるいは有価で買い付けて、自社のストックヤードに保管、釘抜き・磨きなどの加工を行って販売する。	07,07	
		マテリアルリサイクル	Sチップ業者	秋田県能代市	秋田県能代市	能代周辺の製材所などから得る木材を回収・チップ化しボード工場や製紙工場に販売。また、回収した木材の中から製材できるものは製材している。	05,09/06,07
			A建設会社リサイクルセンター	秋田県北秋田市	秋田県北秋田市	主な業務は解体工事だが、リサイクルセンターをもち、解体材から木質系チップを製造している。製造したチップのうち細かいものはS牧場へ販売。	06,09
			Yチップ製造工場	横浜市金沢区	横浜市金沢区	T工場と同系列の工場だが、受け入れ条件をゆるくし原料確保に取り組んでいる。原料の品質によって異なる用途のチップを製造している。	06,12
			N製紙会社	秋田県秋田市	秋田県秋田市	チップ業者から購入したチップから製紙を製造。外材由来チップの割合が高い。	05,11
			Aハードボード工場	秋田県能代市	秋田県能代市	チップ業者から購入したチップからパーティクルボード(PP)・樹皮ボードを製造。隣接するバイオマス発電所から乾燥用蒸気と電力を確保している。	05,11
			Tパーティクルボード工場	東京都江東区	東京都江東区	新築系廃木材・廃パレットなどを回収、PBを製造している。関東周辺でのバイオマス発電所の乱立により原料確保が困難になってきている。	06,08
			A複合建材製造工場	秋田県大館市	秋田県大館市	廃木材と廃プラスチックから木質系の質感を持った建材を製造。	06,07
			M畜産業者	秋田県北秋田市	秋田県北秋田市	おが粉を購入して家畜の敷き藁として利用している。使用済みの敷き藁は牧場の隣で堆肥化している。	06,07
			サーマルリサイクル	Nバイオマス発電所	秋田県能代市	秋田県能代市	能代市に新設されたバイオマス発電所。樹皮の処理先として活用されている。
最終処分	最終処分	秋田県環境保全センター	秋田県大仙市	秋田県大仙市	県が運営する大規模最終処分場で、平成75年まで使用予定。年間木屑処理量分量は1万tを超えるが、樹皮はほとんど入ってこない。	06,10	
		Y最終処分場	秋田県湯上市	秋田県湯上市	解体工事、収集運搬、中間処理、最終処分と幅広く業務を行っている。中間処理で製造したチップは製紙工場やボード工場に販売している。	06,08	
その他	行政	秋田スギ振興課	秋田県秋田市	秋田県秋田市	秋田スギの利用を促進するための様々な施策や製材業に関する調査などを行っている。	05,11/06,09	

注) 製材加工段階における工場の分類は、大規模工場:年間原木消費量1万立米以上、中規模工場:2千~1万立米、小規模工場:2千立米未満(農林水産省統計分類より)

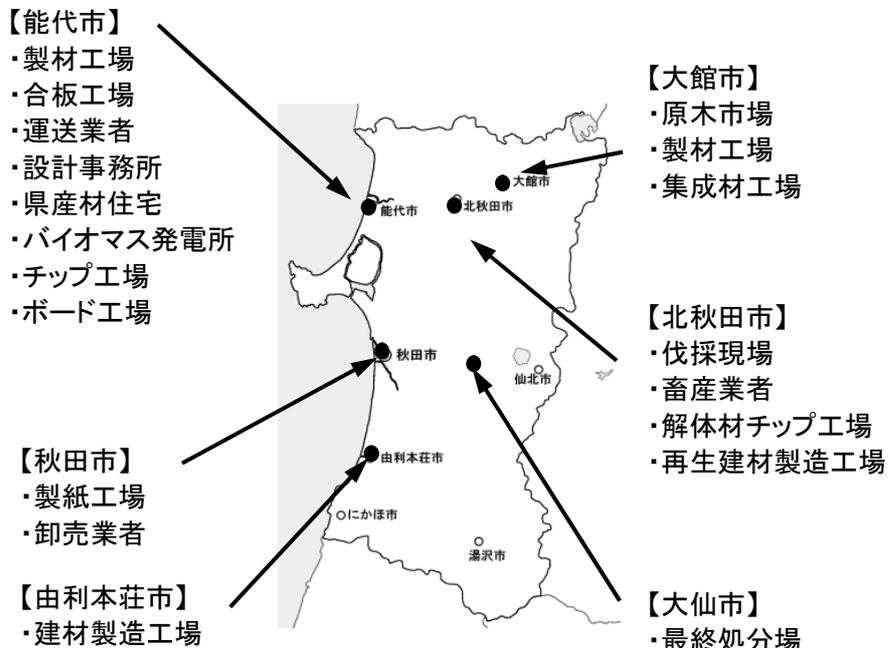


図 3-1-1 秋田県内の調査対象位置関係

図 3-1-1 から、秋田県北(米代川流域エリア)、とくに古くから木材の集積地として栄えた能代市を中心に、資源循環フロー内の各段階の業者が存在し、秋田県内で一定の資源循環フローが存在していることが予想される。

3-2 秋田県産材の資源循環フロー

本研究では、聞き取り調査を開始した当初から1件1件調査を重ね、業者間の係わり合いや製品・副産物の流れを明らかにしてきたが、ここでは理解を簡単にするために、はじめに調査の結果明らかになった資源循環フローを示し、このフローに沿う形で各段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について述べていくこととする。図3-2-1に秋田産材の資源循環フローを示す。

資源循環フローは、2-6で述べたように主要フローと再資源化フローの2種類のフローに分けて考え、再資源化フローに入る副産物は間伐材・林地残材、樹皮、端材、おがくず、解体材の5種類に分類した。もちろん、木造住宅を施工するまでの間には各段階で木質系以外の副産物も大量に発生するが、ここでは木質系副産物のみに着目することとする。

また、製材加工以降の主要フローおよび再資源化フローは出荷先が秋田県内か首都圏かによって2つに分かれる。さらに、理解を簡単にするために生産段階を森林管理・伐採、製材加工、再加工、施工、解体の5つに分けた。実際には森林管理・伐採～製材加工～再加工～施工間には輸送業者が介在している。

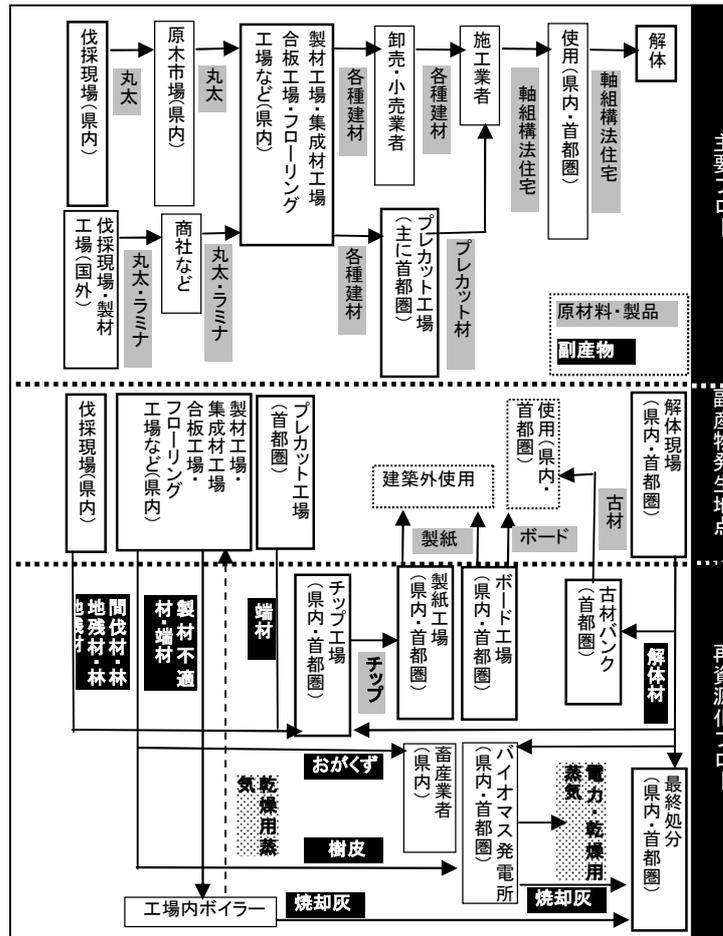


図 3-2-1 秋田県産材の資源循環フロー

### 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

#### (1) 主要フロー

秋田県産材の主要フローについて、森林管理・伐採段階、製材加工段階、再加工段階、施工段階、解体段階の5つの段階ごとに分析を行う。

#### <森林管理・伐採段階>

森林管理・伐採段階においては、O 森林組合、H 素材生産業者、K 木材センターの3事業者に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。これらの調査をもとに、森林管理・伐採段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。

#### ■事業者

林家・民間素材生産業者・森林組合・森林管理局・原木市場

#### ■事業の内容

##### ・森林管理業務

伐採に限らず、日本の森林業務一般に関して、個人の森林所有者あたりの所有面積が非常に小さく、それぞれに森林管理を行うことが困難であるため、民有林の植林の9割、間伐の7割を行う森林組合<sup>44</sup>が果たす役割が非常に大きくなっている。森林組合は、森林組合法に基づいて設立された協同組合で、組合員が協働して植林から伐採、加工・販売の森林に関する様々な作業を行う。

##### ・伐採業務（素材生産業務）

伐採業務は、伐採の対象となる森林が民有林か国有林かによって若干異なる。民有林の場合、所有者である個人・林家（林業を営む林業家や社有林を保有する会社）が民間素材生産業者や森林組合と立木<sup>45</sup>売買契約を結び、素材<sup>46</sup>生産業者や森林組合は立木伐採、搬出業務を行う。一方で、国有林をはじめとする公有林（村有林・町有林・県有林・国有林を全て含む）の場合は、関係部署にて入札公売を行う。国有林の場合は、管理者である全国7つの森林管理局が入札公売を行う。公有林を入札公売した民間素材生産業者や森林組合は、民有林の場合と同様に立木伐採、搬出業務を行う。

伐採には、大きく分けて主伐と間伐がある。主伐は、立木を製品として販売するために伐採することで、林業の主たる収入源である。間伐は、樹木の成長に伴って森林内の密度が上がってきた際に、樹木の生長を促すため一定量を間引くことである。主伐時期は植林後60～100年後、間伐の時期は20～30年後である。

また、伐採方法は、以前はのこぎりや斧で行っていたが、その後チェーンソーに移り変わり、現在は高性能林業機械の導入が進んでいる。今回の調査対象のO森林組合、H素材生産業者でも高性能林業機械による伐採を行っていたが、伐採現場が急な斜面である場合が多く、チェーンソーを併用していた。

---

<sup>44</sup> 「建築知識 2002年3月号」 p.163、エクスナレッジ社より引用

<sup>45</sup> 地に生えている樹木

<sup>46</sup> 樹木を一定の長さに伐り、まだ製材されていない状態の丸太。



チェーンソーによる伐採



高性能林業機械による作業



原木

#### ・ 素材流通業務

民間の素材生産業者や森林組合によって伐採・搬出された素材（丸太）は、原木<sup>47</sup>市場に出荷される。原木市場の役割は、分散的に発生する小口の素材を集約し、製材業者に渡すことである。今回の調査対象のK木材センターでは、月に2回の市（原木のみでなく、製材品も合わせて開催）を開催し、原木は入札で、製材品はせりで販売を行っている。

こうした原木市場以外にも原木問屋や森林組合共販所などが素材流通業務を担い、製材業者に原木を販売している。

ただし、こうした流通業者の存在が製材品の製品価格を押し上げていることから、近年は原木市場を通さずに素材生産業者・森林組合から製材業者に直接原木が販売される、流通の中抜きが行われることが増えている。K木材センターでも市売業務のほかに、近年集成材工場を立ち上げるなど素材流通業務以外の業務拡大を行っている。

#### ■製品の種類・出荷先

森林管理業務の製品は立木であり、これは素材生産業者に販売される。伐採業務の製品は素材であり、これは素材流通業務、あるいは製材加工業者に直接販売される。素材流通業務の製品は原木であり、これは製材加工業者に販売される。製品の呼び名が業務内容の変化に合わせて立木→素材→原木と変化することが特徴であり、この呼び名の変化を見るだけでもこの段階の業務内容の複雑さをうかがい知ることができる。

#### ■副産物の種類・処分法・処分先

森林管理業務では、間伐によって大量に間伐材が発生する。間伐材のうち林外に林外に搬出されたものは、合板工場で合板原料として利用されるか、チップ工場でチップ原料として利用されることが多い。一方、間伐後そのまま林地に残される間伐材（林地残材）も多い。伐採業務（主伐）では、主伐に伴って、立木から原木を切り出した部分すなわち枝・葉・根曲がり部分・根本部分などの残材が発生する。これらはほぼ全量が林地残材となっている。素材流通業務では、原木から樹皮が自然に剥がれ落ちる。ただし、この量は非常に少ないため、図3-1-1中には示していない。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

森林管理・伐採段階の事業者は、資源循環フローのスタート地点となっており、主要フローはここからスタートする。間伐材や林地残材を副産物と捉えるか、製品と捉えるかは判断の分かれるところではあるが、ここでは副産物と捉えた。これら副産物は大量に、体積の大きな塊状で発生する。そのため、合板の原料として合板の主要フローに流れるか、あるいはチップの原料として再資源化フローの高位に流れる。

<sup>47</sup> 製材工場等の原料となる丸太。「素材」と同一のものであるが、原材料としてみなされると原木と呼ばれる。

<製材加工段階>

製材加工段階においては、O 森林組合（製材工場）、K 材木店（製材工場）、K 製材工場、T 製材工場、S 協同組合（製材工場）、H 製材工場の6つの製材工場、H 集成材工場、A 集成材工場、K 木材センター（集成材工場）、I 集成材工場、M 集成材工場の5つの集成材工場、A 合板工場、Y フローリング工場、F フローリング工場の計14業者に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。これらの調査をもとに、製材加工段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。

■事業者

製材工場・集成材工場・合板工場  
その他建材・建具製造工場  
(フローリング工場等)



製材大割



集成材製造



フィンガージョイント

■事業の内容

・製材品製造

製材業者では、原木市場や森林組合共販所などから購入した原木から製材品を生産する。製材工場内の生産工程は、工場の規模、使用原木、生産品目、生産量などによってかなり異なるが、おおむね、原木投入→玉切り・仕分け・剥皮→大割・中割・小割など→（天然乾燥・人工乾燥）→仕上げ→製品選別・結束→製品出荷の順になっている。

農林水産省の木材統計の分類では、年間原木投入量が1万m<sup>3</sup>以上の製材工場を大規模工場、2千m<sup>3</sup>以上1万m<sup>3</sup>未満の製材工場を中規模工場、2千m<sup>3</sup>未満の製材工場を小規模工場としており、国内大手の製材工場では50～10万m<sup>3</sup>を年間消費している。これに対し、秋田県内の製材工場は大手でも数万m<sup>3</sup>年間消費量であり、中小規模の製材工場が多い。こうした製材工場では人工乾燥機の導入がなかなか進んでいない状況である。近年の人工乾燥材の需要により、秋田県においても製材品に占める乾燥材の比率は上がっているものの、調査対象の中で人工乾燥設備を持つ工場でも乾燥材比率は2～3割程度であった。統計調査<sup>48</sup>によれば、2005年度の秋田県のスギ製材品出荷量25万m<sup>3</sup>のうち、スギ乾燥材製品の出荷量は4万m<sup>3</sup>と2割弱となっている。

また、調査対象の中で比較的規模の大きな製材工場は柱・梁などの構造材を中心として生産品目を絞って製材業務を行っていた。一方、比較的規模の小さな製材工場は、構造材から造作材まで多様な製品を、ときに受注生産で製造していた。これらの中には、秋田スギの天井板や銘木<sup>49</sup>製材品など付加価値の高い製品を製造している工場も見られた。

・集成材製造

集成材製造業者は、原木から製材されたラミナから集成材を生産する。集成材工場の生産工程は大まかに、ラミナの乾燥→品質検査・仕分け→たて継ぎ（フィンガージョイント）・横矧ぎ→積層・接着→仕上げ→製品検査→製品出荷の順になっている。近年では乾燥されたラミナを購入する工場も増えている。調査対象の中で、原料のラミナに輸入材（ロシア剤・北欧材）を使用している工場は4社、残り2社はそれぞれ国産ヒノキ、秋田スギを主に原料としていた。

調査対象の集成材工場は比較的規模の大きな工場が多く、主に住宅用の小・中断面の集成材を製造していた。A集成材工場のみ大断面構造用集成材の製造技術をもち、大規模建築物の部材生産の実績があった。

<sup>48</sup>「平成18年度 秋田県林業統計」、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

<sup>49</sup>杢目、大きさ、形状、樹種などにおいてきわめて希少価値のある木材。主に造作材用に使用される。

#### ・合板製造

合板製造業者は、購入した原木をロータリーレースで薄い単板にし、単板を数枚重ねて接着し、合板を製造する。合板工場の生産工程は、原木投入→剥皮→単板の切削（ロータリーレース）→単板の乾燥→接着・圧縮（ホットプレス）→仕上げ→品質検査→製品出荷となっている。調査対象の A 合板製造業者は、秋田県内の大手合板（秋田県内に普通合板工場は 2 社のみ）であり、2007 年度の年間原木消費量は 68 万 m<sup>3</sup>、年間生産量は 2270 万枚（12mm×900mm×1800mm の合板換算）、約 44 万 m<sup>3</sup>であった。秋田県の合板製造量が約 56 万 m<sup>3</sup>であり、A 社の規模の大きさが伺える。また、国内で製造される合板に占める秋田県内で製造された合板の割合は 18%と高くなっている。

A 合板製造業者では、主に北欧・ロシア材を輸入し合板を製造しているが、近年輸入材の価格高騰と、ロータリーレースの性能向上により短尺材も原料にできるようになったことから、秋田スギ間伐材の消費量が大幅に増加している。2000 年には原料のほぼ全てが外材であったが、2007 年度には原料の約 4 割、25 万 m<sup>3</sup>を秋田スギ間伐材が占めた。

#### ・フローリング製造

フローリング製造業者は、乾燥済みフローリング単板や合板を購入し（乾燥が不十分な場合は自社で再乾燥）、これらをジョイントして原板を製造、サネ加工を行い、さらに塗装やクッション材の貼り付けなどを行って、各種フローリングを製造する。フローリング製造工場の生産工程は、フローリングの種類によってかなり異なるが、大まかに言って、原材料単板投入→原板製造→サネ加工→化粧単板やクッション材の貼り付け（複合フローリング）→仕上げ加工→品質検査→製品出荷となっている。

フローリングでは硬い広葉樹が好んで原料として使われ、柔らかく、傷がつきやすい秋田スギあまりフローリング材には用いられない。調査対象の 2 社とも広葉樹輸入材が原料の 8 割程度を占めていた。



ツインバンドソー  
ローリング製造の様子

合板ロータリーレース フ



大断面集成材使用例

#### ■製品の種類・出荷先

##### ・製材品

2005年度に秋田県内の製材工場で生産され出荷された製品は統計調査<sup>50</sup>によれば、27万 $\text{m}^3$ で2000年度と比較して約4割減少している。このうち建築用材（板材・割材・角材）は9割を占めた。これらは約6割が県内の製材市場や卸売業者（問屋、K卸売業者もその1例である）に販売される。K卸売業者は自社プレカット工場をも保有しており、顧客の意向に応じて年間数千 $\text{m}^3$ のプレカット加工を行っている。しかし、調査対象の製材工場で出荷先としてプレカット工場をあげる業者はほとんどなかったこと、また秋田県内のプレカット工場が10社ほどである（全国では800社以上）ことを考え合わせると、秋田県内に出荷された場合には、K卸売業者やA協同組合のようなプレカット加工を行う業者を経る流通ルートは依然として珍しいケースであると考えられる。

卸売業者に販売された後、小売業者（材木店）が卸売業者から製材品を購入、施工業者は小売業者から製材品を購入する。

秋田県で生産された製材品の残り4割は、首都圏や東北5県に出荷される。とくに首都圏に出荷される場合には、首都圏内の木造軸組住宅のプレカット率が90%を越えている<sup>51</sup>といわれていることから、製材市場や卸売業者に販売されたのちプレカットが行われていることが多いと考えられる。

ただし、調査を行った比較的小規模な製材工場のなかには、設計者あるいは消費者の注文（特に通し柱や天井板など特注品、嗜好品）に合わせて受注生産を行い、直接製材品を販売している業者も存在している。



芯持ち柱材の量産



加工場



特殊材

##### ・集成材

2005年度に秋田県内の集成材工場で生産され出荷された集成材製品は、統計調査<sup>52</sup>によれば、30万 $\text{m}^3$ で2000年からほぼ倍増している。製品の用途では構造用が9割以上を占めた。集成材の出荷先は9割が県外、1割が県内である。調査対象の集成材工場でも、出荷先として首都圏の製材市場や卸売業者をあげる業者が多かった。首都圏に出荷された製品は、多くの場合プレカット加工が行われていると考えられる。

##### ・合板

2005年度に秋田県内の普通合板工場で生産され出荷された合板製品は、統計調査<sup>53</sup>によれば、57万 $\text{m}^3$ で2000年とほぼ同程度である。A合板製造業者の製品品目は、針葉樹構造用合板、ネダノン<sup>54</sup>、スギ間伐材合板（一部フローリングを製造）であり、これらの製品は日本各地に広く出荷されている。

<sup>50</sup> 「平成18年度 秋田県林業統計」p.89、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

<sup>51</sup> 全国住宅機械プレカット協会が行った聞き取り調査より

<sup>52</sup> 「平成18年度 秋田県林業統計」p.90、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

<sup>53</sup> 「平成18年度 秋田県林業統計」p.92、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

<sup>54</sup> 厚さ24mm以上の厚物構造用合板。根太を使用せずに床面を構成でき、工期短縮につながる

### ・フローリング

2005 年度に秋田県内のフローリング工場で生産され出荷されたフローリング製品は、統計調査<sup>55</sup>によれば、337 万㎡、フローリングの厚みを 15mm とすると約 5 万㎡で、2000 年からおよそ 10 倍と生産量が急増している。F、Y フローリング製造業者の製品品目は大きく単層フローリングと複合フローリングがあり、これらの製品は日本各地に広く出荷されている。また、秋田県内の公共建築(体育館など)の床材として使用されることも多い。

### ■副産物の種類・処分法・処分先

#### ・製材品製造

製材工場では、原木体積に対する製材品体積の割合（これを歩留まりとよび、製材工場の製材効率を測る重要な指標になっている）が 50～60%となっていることが多く、製品とならなかった残りの 40～50%は副産物となる。副産物の種類は、剥皮工程で発生する樹皮、大割・中割・小割工程発生する端材、仕上げ（モルダーがけ）工程で発生するおがくずの 3 種類がある。処分方法は、調査対象の製材工場でどのような設備を保有しているかによって多少違いが見られた。自社内にチップパー（チップを製造する破砕機）を保有している工場では、端材はチップ化され、S チップ業者などに販売される。また、自社内に人工乾燥設備を持ち、その熱源を木くず焚きボイラーとしている場合は、樹皮や端材、端材から製造したチップ、おがくずなどをボイラーの燃料とすることが多い。こうした設備を持たない場合は、端材はチップ業者に販売（輸送費と相殺してほとんど値段がつかないことが多い）し、樹皮は N バイオマス発電所で有償にて処分することとなる。おがくずは畜産業者に販売あるいは無償で提供したり、堆肥化することが多い。

以前は製材工場は焼却炉を保有し、余った副産物は焼却処分をしていたが、近年ダイオキシンの問題などで焼却炉の基準が厳しくなり<sup>56</sup>、製材工場内で焼却処分できない副産物（特に樹皮）が増えた。現在その受け入れ施設として N バイオマス発電所があるが、処分費がかかり製材工場にとっては金銭的負担が増えている状況である。



樹皮



端材



おがくず

#### ・集成材製造

集成材工場では、歩留まりは 60%程度となっていることが多い。発生する副産物は端材とおがくずで、とくにモルダー加工の多い集成材製造工程ではおがくずの発生量が多い。調査対象の集成材工場は、比較的大規模な工場が多く、全ての工場が木くず焚きボイラーを保有していた。よって、これらのおがくずはボイラーの燃料として利用されることが多い。また、M 集成材工場では自社内にバイオマス発電設備を保有しており、バイオマス発電燃料としておがくず、端材を利用していた。発電した電力は工場内で使用されている。

集成材はその製品の特性上接着剤の付着を避けて通れない。これは副産物の場合も同様で、接着剤の付着した端材・おがくずは価値が落ちてしまう。具体的な例としては、M 集成材工場では接着剤の付着していないおがくずは A 再生建材製造業者に販売しているが、接着剤の付着したものは自社内のバイオマス燃料としている。また、A 集成材工場では接着剤の付着していないおがくずは畜産業者に販売（輸送費と相殺してほとんど値段がつかない

<sup>55</sup> 「平成 18 年度 秋田県林業統計」p.91、秋田県農林水産部秋田スギ振興課、2007

<sup>56</sup> 2003 年 12 月の大気汚染防止法改正に伴うダイオキシン類規制強化

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

ことが多い)、付着したものは自社内の木くず焚きボイラーの燃料としている。

#### ・合板製造

合板工場では、歩留まりは65%程度となっていることが多い。発生する副産物は樹皮と端材であり、とくにロータリーレースで単板を製造する合板工場では直径5cmほどの剥き芯が大量に発生する。調査対象のA合板工場では、自社内にバイオマス発電設備を保有し、端材から製造したチップを燃料として工場内消費電力のほとんどをまかなっている。また、A合板製造業者では、グループ会社が回収した解体材をチップ化し同様にバイオマス発電燃料としている。この解体材はほとんどが秋田県内から回収されるものである。

秋田県内の製紙工場で原料となるチップが不足しているときには、剥き芯由来の質のよいチップを製紙工場に販売することもある。



モルダー加工によるおがくず



合板剥き芯



M集成材工場のバイオマス発電設備

#### ・フローリング製造

フローリング製造工場では、単板からの歩留まりは90%程度と高くなっていることが多い。発生する副産物は、端材とおがくず（Fフローリング製造業者では原木も原料としているため樹皮も発生）で、チップャーをもたないYフローリング製造業者では端材はチップ業者に、おがくずは畜産業者にほぼ無償で回収してもらっている。一方、フローリング製造以外にも原木からのチップ製造を主要な業務とするFフローリング製造業者では、端材はチップ化して製紙工場に販売している。また、樹皮は木くず焚きボイラーの燃料に、おがくずはきのこ栽培業者に販売（ほぼ無償）している。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

製材加工段階の事業者のうち製材加工業者と合板製造業者は、資源循環フローの中で伐採業者から原木を購入し、実際に製材品等を製造するいわば主要フローの中心的役割を果たしている。また、集成材製造業者・フローリング製造業者は一度製材されたラミナや単板を原料として製品を製造する。各事業者が製造した製品は、県内に出荷されるものと、首都圏を中心とする県外に出荷されるものに分かれ、ここから主要フローが2本に分かれ、製品流通業者（卸売業者など）を経て再加工段階の事業者へ製品が引き渡される。

製材加工段階において発生する副産物は樹皮・端材・おがくずの3種類であり、工場の種類や工場が保有する再資源化設備によって発生する副産物、処分方法に特徴がある。樹皮についてはサーマルリサイクル、端材についてはマテリアルリサイクル、おがくずについてはマテリアルリサイクルされる傾向が強いが、木屑焚きボイラーやバイオマス発電設備などを保有する大規模工場では自社内でサーマルリサイクルを行うことが多い。

**<再加工段階>**

再加工段階においては、A 協同組合（秋田県内）、P プレカット工場（首都圏内）の 2 事業者に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。また、聞き取り調査のみであるが K 卸売業者にも、K 卸売業者が保有するプレカット工場について話をうかがうことができた。これらの調査をもとに、再加工段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの 5 点について以下に述べる。

**■事業者**

プレカット加工業者・防腐防蟻処理加工業者

**■事業の内容****・プレカット加工**

プレカット加工業者は、製品市場や卸売業者などの製品流通業者から仕入れた製材品や集成材を対象に、継ぎ手、仕口の加工を機械で行い、住宅メーカーや大工・工務店にプレカット材を出荷する。プレカット工場の生産工程は大まかに、CAD 入力（必ずしも工場内で行われるとは限らない）→木拾い→番付→番付に従って専用加工機に投入→（特殊材について手加工）→品質検査→部材を 1 棟ごとにストック→製品出荷となっている。

プレカット技術は、大工人工の減少や施工の合理化を背景にこの 20 年ほどで急速に浸透し、現在では木造軸組構法の住宅の 8 割近くにプレカットが採用されているといわれている<sup>57</sup>。さらに、プレカット技術の高度化・プレカット工場の大規模化も進んでおり、調査対象の P プレカット工場は月間構造材生産能力が 6.8 万坪、30 坪の住宅換算で 2250 棟を誇る。こうした大規模プレカット工場の中には、製材工場や輸入商社から直接製材品を仕入れる工場もでてきており、流通の中抜きを加速させている。P プレカット工場でも、国内外の製材工場と直接取引をしており、国産材の比率は約 1 割、注文に応じて秋田県の製材工場からも仕入れることがあるとのことであった。また、P 社では部材供給・設計・施工一貫の生産システムをとっており、P プレカット工場で製造されたプレカット材を用いて直営大工・職人が施工を行う。

一方、秋田県の A 協同組合は主に秋田県内の大工・工務店から注文を受けてプレカットを行う。よって、プレカット材の供給範囲も秋田県内にほぼ限られている。A 協同組合では年間 1 万坪程度のプレカットを行っており、プレカット業務以外にも防腐・防蟻処理やエクステリア部品の販売などを行っている。

**・防腐・防蟻処理**

調査対象の A 協同組合では防腐・防蟻処理も行っている。防腐・防蟻処理は木材を防腐・防蟻性能を持つ薬品で処理することであり、様々ある処理の方法の中でも一般的なものは加圧注入方式である。A 協同組合でも加圧注入方式で処理を行っている。また、現場で薬剤を塗布することもある。

A 協同組合では処理を行うのは土台・エクステリア製品が中心であった。一方で、2000 年に施行された住宅品質確保促進法（品確法）の等級 2, 3 では地面から 1m 以内の軸組（柱・間柱・下地材など）は防腐・防蟻処理が必要と定められたように、木造住宅の耐久性向上のために構造材の防腐・防蟻処理は今後さらに進むと考えられる。

1960 年ごろから加圧注入用薬品として、CCA（クロム・銅・砒素）系薬剤が大量に使われ、ピーク時には年間 30 万 m<sup>3</sup>もの CCA 処理材が生産されていたが、その毒性や排水処理の手間が問題となり、近年はクロムや砒素を含まないアルキルアンモニウム塩系の薬品などに転換され、ほとんど生産されていない。しかし、今後発生する解体材には多くの CCA 処理木

<sup>57</sup> 全国木造住宅機械プレカット協会調べ

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

材が含まれると考えられ、これらの処分方法が問題となってきた。



P社 多棟木拾い装置



柱材加工ライン



プレカット材



A 協同組合  
防腐処理加工設備

#### ■製品の種類・出荷先

##### ・プレカット材

プレカット工場で生産されたプレカット材は住宅メーカーや大工・工務店などの施工者に販売される。

##### ・防腐・防蟻処理材

防腐・防蟻処理のみを専門で行う業者は少なく、多くの場合土台やエクステリア製造を行う業者が抱き合わせで防腐・防蟻処理を行うことが多い。防腐・防蟻処理材は住宅メーカーや大工・工務店などの施工業者に販売される。

#### ■副産物の種類・処分方法・処分先

##### ・プレカット工場

プレカット工場では、端材とおがくずが発生する。プレカット工場の端材は付着物が少なくきれいで、またある程度長さのあるものが含まれる。こうした長さのある材はパレットにマテリアルリサイクルされることもある。大部分の端材はチップ化され、有価で販売される。また、おがくずは畜産農家に有価、あるいはほぼ無償で販売している。P社とA協同組合では、発生する副産物の種類、処分方法はほぼ変わらないが、規模の違い、立地条件の違いからP社は副産物の取引先の数が数十社に及んでいる。

##### ・防腐・防蟻加工

製品に薬剤を注入するのみであるので、副産物は発生しない。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

再加工段階の事業者は製材加工業者と集成材製造業者から製品を購入し、プレカットや防腐・防蟻処理を施し、住宅メーカーや大工・工務店などの施工業者に住宅部材を販売する。とくにプレカット工場が及ぼす影響は大きく、流通においては卸売・小売業者の省略、住宅生産に関しては加工精度の向上、工期の短縮、現場での副産物発生抑制などの効果がある。

再加工段階においてはあまり副産物は発生しないが、防腐・防蟻処理が解体材の再資源化に及ぼす影響は大きい。

### ＜施工段階＞

施工段階においては、秋田県内のS物産館、Zケアハウスの2つの施工現場見学を行うことができた。また、N設計事務所に聞き取り調査を行い、建築事例の見学も数件行った。これらの調査をもとに、施工段階における事業者、事業の内容、製品の種類、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。

#### ■事業者

住宅メーカー・大工・工務店



#### ■事業の内容

秋田スギ住宅コンペ優秀案 新築木造小学校 体育館内観

製材品流通業者（小売業者）やプレカット加工業者などから製材品・集材品などを購入、その他様々な住宅資材を資材メーカーなどから購入し、主に木造軸組構法の住宅を施工する。木造軸組構法住宅の施工手順はおおまかに、整地→地縄張り→水盛・遣り方→基礎工事→木工事（土台→軸組→小屋組）→屋根工事→建具工事・左官工事→内装工事・塗装工事・設備工事となっている。大手の住宅メーカーは規格化された製品（住宅）をもっている場合も多いが、多くの場合住宅は一品生産であり、施主の意向に沿って設計がなされ、施工が行われる。調査対象のS物産館は地元の建築家の設計によるもので、落とし壁構法などを用いた伝統構法であり、Zケアハウスは軸組構法の木造部分と、一部鉄骨造の混構造であった。どちらの施工事例も構造材は秋田県産材を使用していた。



S物産館外観



内観



Zケアハウス鉄骨造部



間柱

#### ■製品の種類

木造住宅の構法は伝統構法、軸組構法、枠組壁構法、木質パネル構法の4つに大きく分けられ、そのうち軸組構法が着工数の8割弱を占める。秋田県産材（製材品・集材品）が木造住宅に使用される場合、伝統構法あるいは軸組構法で構造材あるいは造作材として使用されることが一般的であると考えられる。とくに製材品が秋田県内に流通する場合にはプレカットを使用しない大工・工務店による軸組構法での施工の割合が高くなると考えられる。またS物産館のような伝統構法の住宅も、特殊例とはいえ見られる。

一方で、集材品が首都圏内に流通する場合には、プレカットが行われる可能性が高く、さらに接合金物を使用した軸組構法（金物工法）で施工されることが多い。

#### ■副産物の種類・処分方法・処分先

木造住宅の建築現場からは様々な建設副産物が発生する。木質系副産物に限れば、継ぎ手・仕口の加工による端材の発生、合板端材（新築端材と呼ばれる）などがほとんどを占める。プレカット材を使用する場合は、継ぎ手・仕口の加工が省略されるため、発生する副産物の量は少なくなる。これらの新築端材は近隣の間処理施設でチップ化され、ボード原料やバイオマス発電所燃料などに利用される。

ただし、プレカット材を使用する場合には接合金物を併用することが多く、これらが解体を困難にすることには注意が必要である。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

施工段階の事業者は製品流通業者や再加工業者から住宅部材を購入し、その他様々な住宅資材と組み合わせ、木造住宅を施工する。施工業者を経て、木造住宅の数十年の使用期間がスタートする。

副産物は端材が発生する程度であり、これらは施工現場近隣の中間処理施設でチップ化され、マテリアルリサイクルあるいはサーマルリサイクルされている。プレカット材を使用することは、施工現場での副産物発生量の削減に効果があり、解体材の再資源化にはマイナスに働く。

**<解体段階>**

解体段階においては、K 解体業者（首都圏内）、H 収集運搬業者（秋田県内）の2事業者に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。これらの調査をもとに、解体段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。

**■事業者**

解体業者、産業廃棄物収集運搬業者

**■事業の内容**

建築物の分別解体を行い、解体材（産業廃棄物）については建設リサイクル法に基づいて再資源化に努める。

**■副産物の種類・処分方法・処分先**

解体段階で発生する副産物は解体材である。その処分方法は建設リサイクル法により、解体現場の周囲 50km 以内に木くずの中間処理施設がある場合にはそこに運送、処理を行うことが定められている。また、この範囲に中間処理施設がなければ、焼却処分も認められている。よって、解体材の主な処分方法はチップ化し、ボードにマテリアルリサイクルする、あるいはサーマルリサイクルすることである。ただし、調査対象の H 解体業者は高い解体技術（手壊し解体技術）をもち、古民家改築のための一時解体や、古材リユースのための部分解体などを行った実績を持っていた。こうした解体材のリユースは特殊解ではあるが、高位な再資源化が行われるという点で興味深い。

また、H 収集運搬業者への聞き取り調査より秋田県内では解体される木造住宅数が少なく、解体材の発生が少量かつ分散的であるためにマテリアルリサイクルが難しく、A 合板工場のバイオマス発電所などサーマルリサイクルに流れがちであることが明らかになった。

**■資源循環フロー内の位置づけ**

解体段階の事業者は施工業者によって施工され、使用者によって数十年使用された木造住宅を解体し、主要フローを終了させる。ここで発生する副産物は解体材であり、主にマテリアルリサイクル（首都圏中心）・サーマルリサイクル（秋田県中心）される。古民家の解体材などは、リユースされることもまれに見られる。

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

#### (2)再資源化フロー

秋田県産材の再資源化フローについて、リユース段階、マテリアルリサイクル段階、サーマルリサイクル段階、最終処分段階の4つの段階ごとに分析を行う。

#### <リユース段階>

リユース段階においては、H古材バンク業者（首都圏内）に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。また、別途古民家再生活動を行っているNPO法人（関西圏）にも聞き取り調査を行うことができた。この調査をもとに、リユース段階における事業者、事業の内容、原料となる副産物の種類・再資源化方法・調達元、再資源化製品の種類・出荷先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。

#### ■事業者

古材バンク、古民家再生活動団体



古民家移築例



古材ストック

#### ■事業の内容

古材バンク業者は、古民家の解体現場から解体材を有価あるいは無償で引き取り、くぎ抜きや磨き加工、必要があれば再製材などを行い、古材製品としてストックヤードに保管、販売を行う。また、古民家再生活動団体は使用されなくなった古民家の引き取り手探しや、移築再生のための技術的アドバイスなどを行い、古民家の移築再生をフォローしている。

#### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

古材バンクが原料とする副産物は築100年以上の古民家の解体材、とくに柱梁や木製建具、天井板など断面の大きなもの、文化価値の高い（古材製品として商品価値の出る）ものである。古材バンクの場合、解体材に再加工を行うことが多いため厳密な意味ではリユースと呼ぶことはできないが、住宅部材という機能は変わっていないことから本論ではリユースに含めることとする。H古材バンクでは、解体材の調達元は主に首都圏内と長野、新潟で、規模の大きな古民家や築年数の経った古民家の場合は多少遠方でも古材調達に行くとのことであった。

また、古民家再生活動団体の場合その対象は古民家そのものであることが多く、これを多少の部材補修や設計変更を行って移築再生を行う。よって、古材バンクよりも純粋なリユースに近いといえる。対象となる古民家は日本各地に散在しており、また移築する場所も日本各地である。古民家再生は古民家の売り手と買い手の条件が合わなければ成立しないため、日本で最も大きな古民家再生活動団体を仲介するものでも年間10棟ほどの実績である。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

古材バンク業者の場合、リユースした製品は柱梁などの軸材や木製建具、その他に再製材した内装材などになる。これらは首都圏内を中心として消費者に販売されている。

古民家再生活動団体の場合、リユースした製品は古民家全体あるいは一部となり、これらは日本国内各地の購入者が用意した敷地に移築再生される。

古材バンク、古民家再生はどちらもインターネットを通じて消費者が各業者にコンタクトをとることが多い。消費者は、古材をリフォームの際に使用したい、あるいは飲食店舗の内装に使用したいなど明確な購入意思を持っていることが多く、その需要発生場所は首都圏に限らない。近年古材リユースが一種のブームのようにもなっていることもあり、以前は解体材の多く発生する都市部に集中していた古材バンクが、現在全国各地に設立され、

その活動を活発化させている。秋田県にも2007年現在古材バンクが数社存在している。なお、首都圏内では古材の認識がある程度一般的になってきたこともあり、古材の供給が追いついていない状況も一部見られる。

さらに、とくに古材バンクに関しては、全ての製品が一点ものであり、消費者のニーズにこたえるためにストック量が非常に多くなる特徴がある。調査対象のH古材バンク業者のストックヤードには柱梁が2000本、木製建具500枚のストックがあるとのことであった。全国各地の古材バンク業者が連携し、インターネット上で各業者のストック情報を共有し、消費者に提供する取り組みも行われている。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

リユース段階の事業者は解体業者による解体で発生する解体材を回収し、軽度の再加工を行い（再加工の程度は古材の状態、用途変更や寸法変更があるかなどによる）、古材購入希望者に販売する。一般に消費者が古民家解体情報を得て、現場から古材を調達することは難しく、リユース業者はこの橋渡しを行っているといえる。

<マテリアルリサイクル段階>

マテリアルリサイクル段階においては、S チップ業者（秋田県内）、A リサイクルセンター（秋田県内）、Y チップ業者（首都圏内）の3つのチップ製造業者、およびN 製紙工場（秋田県内）、A ハードボード工場（秋田県内）、T パーティクルボード工場（首都圏内）、A 複合建材製造工場（秋田県内）、M 畜産業者の計8つの事業者に対して聞き取り調査・現地調査を行うことができた。この調査をもとに、マテリアルリサイクル段階における事業者、事業の内容、原料となる副産物の種類・再資源化方法・調達元、再資源化製品の種類・出荷先、資源循環フロー内の位置づけの5点について以下に述べる。なお、マテリアルリサイクル段階では業者の種類が多岐にわたっているため、理解を簡単にするために業者ごとに資源循環フロー内の位置づけの考察を行っていく。

・チップ製造

■事業者

木材チップ製造業者、中間処理業者



上 チッパー  
右 チップ  
左 手分別

■事業の内容

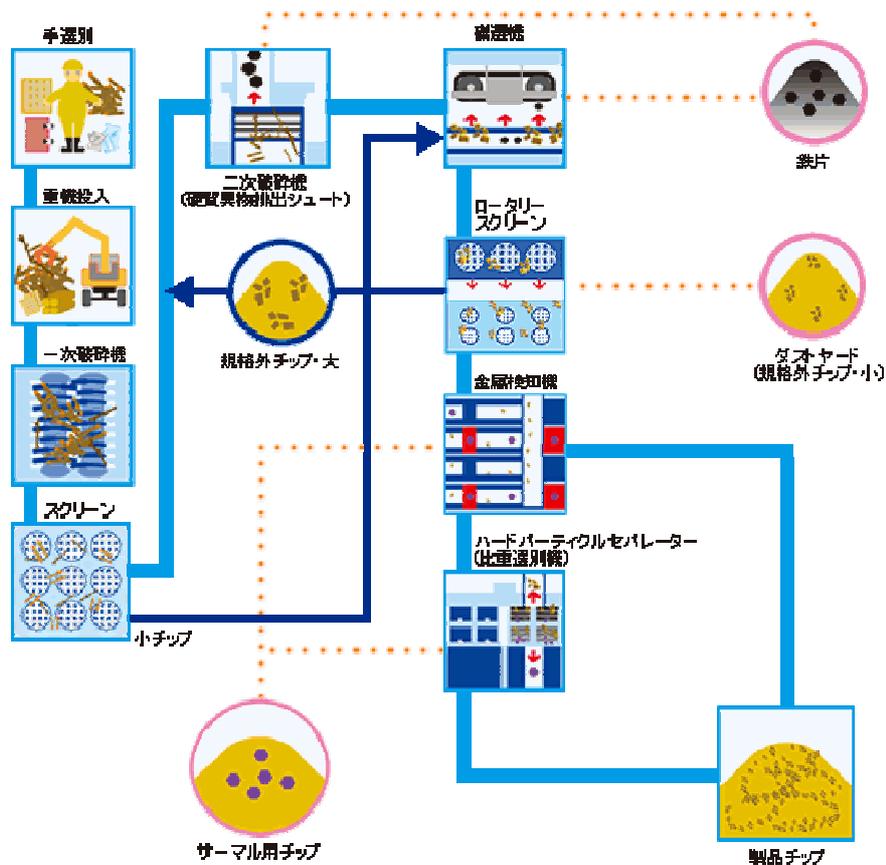
チップ製造業者は、主に原木や製材工場端材などを原料としてチップを製造する木材チップ製造業者（製材加工業者の一種とみなされることも多い）と、解体材等の建設発生木材を原料としてチップを製造する中間処理業者に分けられる。両者の違いは、前者は原料調達の際にチップ業者側が購入するのに対し、後者は持ち込み者が処分費用を支払う、という点である。原木や製材工場端材などを有償でチップ業者が購入する場合、産業廃棄物とはみなされないが、建設発生木材は「木くず」という管理型産業廃棄物と分類され、これらを運搬するためには産業廃棄物収集運搬業許可、またこれらを取り扱い、破碎や減量化(焼却)などの中間処理を行うためには産業廃棄物処分業の許可が必要となる。産業廃棄物の場合はとくに、マニフェスト(産業廃棄物管理票)など排出事業者の排出責任が強く求められる。

調査対象のS チップ製造業者では、近隣の製材加工業者から端材や製材に適さない原木などを購入（実際には輸送費と相殺してほとんど値段がつかないことが多い）し、製材可能なものに関しては製材を行い、残りの原料は樹皮や接着剤の付着しているものとそれらの付着のないものに分別し、チップ化を行っている。

一方、A リサイクルセンターとY チップ業者では、主に近隣で発生する解体材などを有償で受け入れ（処分費を持ち込み者が支払う）、丁寧に異物を除去したのちチップ化を行っている。

チップ製造はチッパー（破碎機）で行われ、秋田県内のS チップ製造業者、A リサイクルセンターはチッパーに原料を投入するシンプルな流れになっているが、Y チップ業者の場合、チッパー以外に図 3-3-1 のような磁選機、金属探知機が組み込まれた大規模なラインでチップが製造されている。

製造されたチップはボード原料や製紙原料などのマテリアルリサイクルあるいはサーマルリサイクルされる。

図 3-3-1 Yチップ製造工場の工程<sup>58</sup>

#### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

Sチップ業者の場合、原料となる端材や原木は近隣の（集荷範囲は60km以内、秋田県北～県央）製材加工工場から購入している。Aリサイクルセンターの場合は、秋田県北の解体業者から主に解体材を有償で受け入れている。Yチップ業者は、首都圏内の解体材、新築端材、パレットなどを有償で受け入れており、その原料の受け入れ基準（ラミネート加工された木材は受け入れ不能など）は厳しく設定されている

木材チップ製造業者、中間処理業者ともに再資源化方法はチップ化であるが、解体材を原料とする中間処理業者の場合は受け入れ基準が厳しく、さらに異物除去の手間が非常にかかる。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

木材チップ製造業者、中間処理業者ともにマテリアルリサイクルされた製品<sup>59</sup>はチップである。木材チップ製造業者の製造するチップは、付着物の少ない品質のよいものが多く、これらは製紙原料として製紙業者に販売される。また、樹皮や接着剤の付着のあるものはボード原料としてボード製造業者に販売される。Sチップ製造業者では、製造したチップのうち付着物のないものをA製紙業者に、付着物のあるものをAハードボード業者に、それぞれ販売している。

中間処理業者の製造するチップは、木材チップ製造業者が製造するチップと比較して品

<sup>58</sup> Yチップ製造業者会社説明パンフレットより引用

<sup>59</sup> ここでチップを製品と呼ぶかは判断が分かれるが、ここでは木材の形状を変化させ他の業者が原料として使用できる形にするという意味で製品と呼ぶこととする。

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

---

質の悪いものが多く、多くの中間処理施設ではチップ化した後焼却処分したり、バイオマス発電所に販売してサーマルリサイクルするなどが一般的である。ただし、今回の調査対象のAリサイクルセンター、Yチップ業者はともにチップの品質向上に意欲的に取り組んでおり、丁寧な異物除去作業によりチップをボード原料（Yチップ業者は一部製紙原料としている）とすることに成功している。ボード原料とできないものに関しては、AリサイクルセンターではM畜産業者に家畜の敷き藁として販売し、Yチップ業者ではバイオマス発電所燃料として販売している。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

木材チップ製造業者と中間処理業者では、行われる再資源化は同じであるが、原料となる副産物の違いにより、製造したチップの再資源化用途が若干異なる。また、農林水産用統計調査<sup>60</sup>によれば、秋田県で生産されるチップ約51万m<sup>3</sup><sup>61</sup>のうち、工場端材によるチップ生産の割合が約4割、およそ22万m<sup>3</sup>となっており、残りは原木由来のチップ生産である。解体材由来のチップ生産はほとんど行われていない。しかし、全国平均で見ればチップの3割弱が解体材から製造されている。この統計調査では首都圏内の東京都、神奈川県データは未集計であるため、参考として埼玉県を例として取り上げると、埼玉県では生産されるチップ約71万m<sup>3</sup>のうち9割以上を解体材が占めている。よって、東京都、埼玉県のデータが加わればさらに解体材由来チップの割合が上がると考えられる。

このことから、秋田県でのチップ製造業者の果たす役割は主に製材加工段階から発生する端材や原木を原料として良質なチップを製造し、製紙業者やボード製造業者にチップを供給することである。一方、首都圏内の中間処理業者が果たす役割は主に解体段階から発生する解体材を原料としてチップを製造し、バイオマス発電所をはじめとするサーマルリサイクル業者にチップを供給することである。解体材の異物除去等を丁寧に行えば、チップをボード業者に供給することも可能となる。

---

<sup>60</sup> 「平成17年度 木材需給報告書」、農林水産省統計、2006

<sup>61</sup> 秋田県内の年間チップ生産量15.2万tをチップの比重0.3t/m<sup>3</sup>で除して得た値。以下同様に計算している。

## ・ 製紙製造

## ■ 事業者

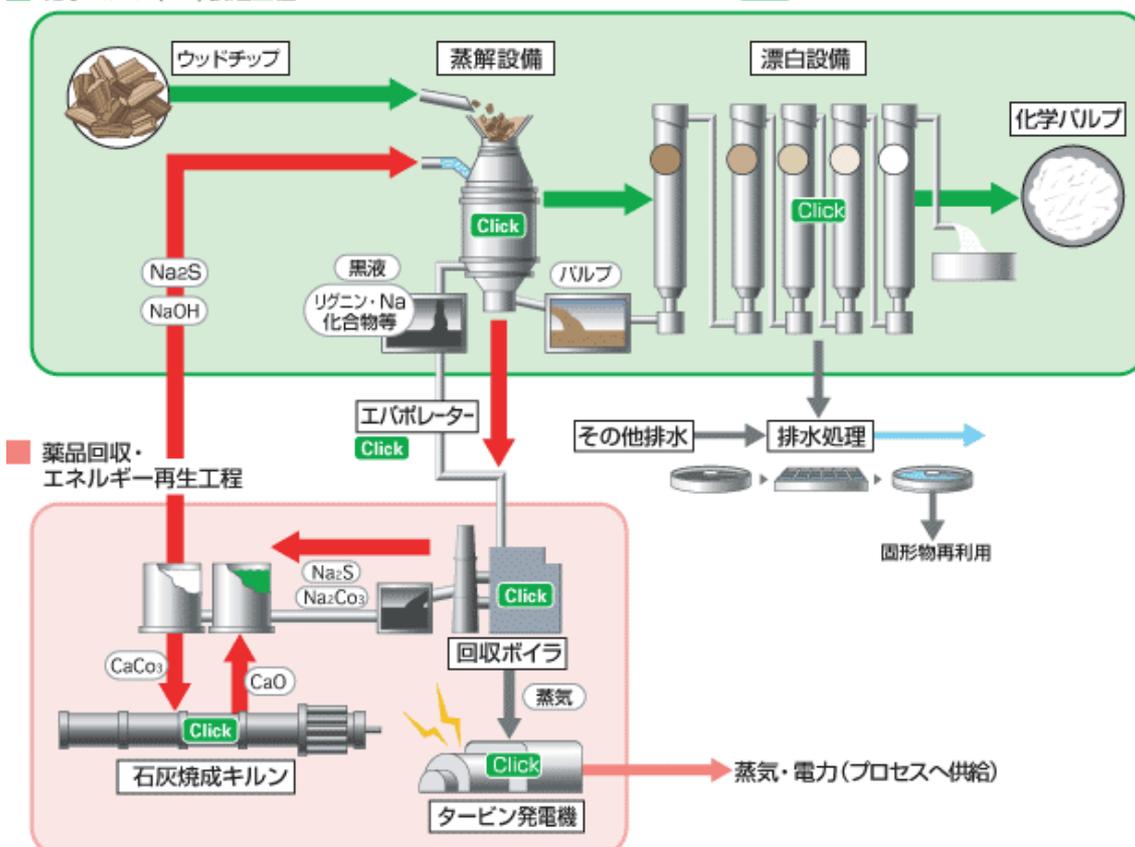
製紙業者

## ■ 事業の内容

製紙業者は、チップ製造業者から良質のチップを購入し、化学パルプを製造する。化学パルプと古紙から製造した再生パルプと合わせて、紙を製造する。製紙工場の製造工程を図 3-3-2 に示す。

## ■ 化学パルプ(KP)製造工程

Click をクリックするとマシンの写真が見られます



## ■ 副産物の種類・再資源化方法・調達元

調査対象の A 製紙工場の原料チップの 8 割はオーストラリアからの輸入チップであり、残り 2 割が国産チップである。輸入チップは、ほぼ全て原木から製造されたバージンチップである。国産チップの原料は、スギ間伐材や工場端材、解体材などであり、チップの調達には商社を介在させている。S チップ業者の製造したチップのうち品質のよいものは A 製紙工場の原料となっている。国産チップの受け入れ基準は商社・A 製紙業者によって厳しく管理されており、防腐処理材由来のチップなどは受け入れない。また、国産チップは広く東北地方一帯から調達している。古紙の調達範囲については聞き取り調査ができなかったが、秋田県内が中心と考えられる。

再資源化方法はダンボール原紙あるいは洋紙にマテリアルリサイクルすることである。古紙からはダンボール原紙が、チップからは洋紙が製造され、さらにチップは一部ダンボ

62 王子製紙ホームページより引用 (2008/01/26 確認)  
[http://www.saiyo.ojipaper.co.jp/plant\\_engineer/kp.html](http://www.saiyo.ojipaper.co.jp/plant_engineer/kp.html)

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

---

ール原料にも利用されている。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

A 製紙工場の再資源化製品はダンボール原紙と洋紙であり、その出荷先は日本各地である。また、製紙工場では工場内の副産物である黒液を に使用しているほか、大規模製紙工場ではバイオマス発電所を併設して工場内の電力・熱を供給しているところも多い。これは、マテリアルリサイクル業者内で行われるサーマルリサイクルとみなすことができる。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

製紙工場は、チップと古紙を原料として紙を製造するマテリアルリサイクルを行っている。ただし、その原料は古紙が大半を占め、さらにチップの中でもバージンチップの割合が高い。製紙業は、原料の古紙リサイクル率が高く、原料と廃製品が一致する独立した業界であり、その規模は非常に大きい。そのため、建築用木材由来のチップを受け入れてはいるものの、その比率はそれほど高くない。これは、製紙原料は高い品質が求められるためであり、建築用木材由来のチップの受け入れの際には厳しい品質チェックが行われる。

一方で、製紙業者は工場内でサーマルリサイクルを行っている業者とも見ることができる。すなわち、黒液をボイラー燃料としたり、バイオマス発電を行っている。とくに首都圏近郊においては製紙業者のバイオマス発電所に大量の解体材チップが集められ、マテリアルリサイクル用チップが不足する事態も起きている。

さらに、製紙工場で生産された製紙は古紙となり、再び製紙原料となる。財団法人古紙再生促進センターの発表によれば、2005年の全国古紙回収率は73%と非常に高くなっている。

3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

・ボード工場

■事業者

各種ボード製造業者



繊維板原料



ボード製造の様子



インシュレーションボード

■事業の内容

ボード製造業者は、チップ製造業者や製材加工業者からチップや端材を購入し、各種ボードを製造する。ボードにはチップや端材を小さな木片（パーティクル）化してこれらを接着して、熱圧加工を行い製造するパーティクルボードや、チップや端材を繊維化して乾燥、熱圧加工を行い製造する繊維板の2種類があり、さらに繊維板はその製造の仕方からさらに中密度繊維板（MDF）、ハードボード、インシュレーションボードの3種類に分けられる。各ボードはそれぞれ強度や質感などがことなり、家具用、建築内装材用、建築下地材用など様々な用途に使用される。調査対象のAボード製造工場ではハードボード（インシュレーションボードを製造することもある）を、Tボード製造工場ではパーティクルボードをそれぞれ製造していた。図3-3-3<sup>63</sup>に代表的な木質ボードの製造工程を示す。

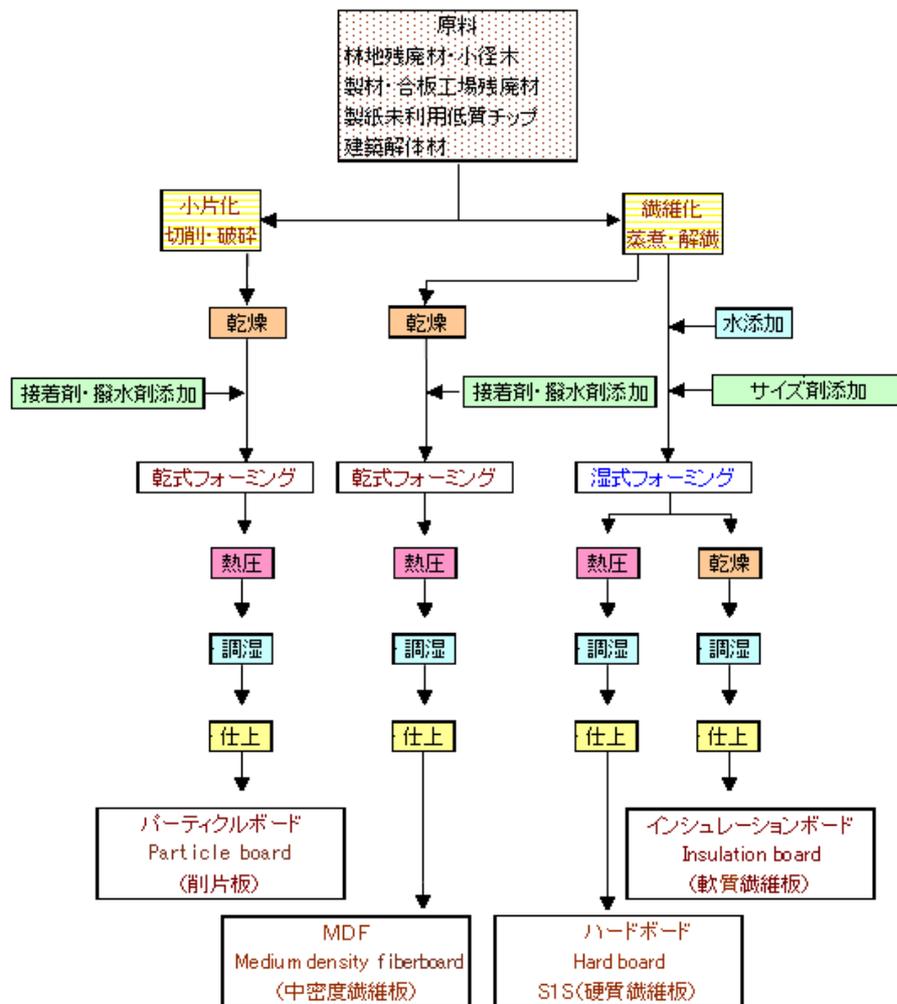


図 3-3-3 木質ボードの製造工程

<sup>63</sup>日本繊維板工業会 HP より引用 (2008/01/26 確認)

<http://www.jfpma.jp/index.html>

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

---

#### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

調査対象の A ボード製造工場では、ハードボードの原料として秋田県北の製材加工工場の端材、県内及び近県の解体材、首都圏の解体材を利用していた。その割合は 5:1:4 となっている。さらに、製材加工工場が発生する樹皮もインシュレーションボードの原料として 10%ほど混ぜているとのことであった。

一方、首都圏の T ボード製造工場では、建設廃棄物（新築現場から発生するもの）が原料の 50%を占め、流通業者から発生する廃棄パレットと梱包廃材が 35%、解体材が 5%、製材端材・生木などその他 10%という構成になっていた。原料の調達範囲は基本的には首都圏内であるが、近年首都圏ではチップ、チップ原料となる木材が不足しており関西圏まで原料を調達にしに行くこともあるとのことであった。

ボード製造業者が原料として利用する副産物は端材、解体材などがあり、チップ製造業者で製造されたチップを購入する場合と、ボード製造業者がチップ化を行う場合がある。

ボード原料となるチップは製紙原料となるチップよりも品質基準が高くないため、解体材など一般的に品質の悪いとされる副産物でも受け入れることが可能となっている。

また、秋田県の A ボード工場では製材工場端材が原料の 5 割を占めるのに対して、首都圏の T ボード工場では原料の 1 割未満であった。一方で、T ボード工場でも解体材と新築工事端材を合わせると原料の 6 割弱を占めるほか、A ボード工場でもわざわざ首都圏内の解体材を船で運び原料の 4 割をまかなっている。これから、首都圏内の新築・解体件数の多さが伺える。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

ボード製造業者は再資源化製品として各種木質ボードを製造する。これらの木質ボードは、ハードボードは自動車部品や家具用、パーティクルボードは床下地などとして利用される。その出荷先は首都圏を中心に日本各地にわたる。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

ボード製造業者は、チップを原料として木質ボードを製造するマテリアルリサイクルを行っている。製紙工場と比較してより幅の広い副産物を受け入れることができ、また使用されなくなったボードを再び破砕してボードとしてリサイクルすることも可能である。

- ・ 畜産業者
- 事業者
- 畜産業者



原料となるおがくず



家畜の敷き藁



堆肥化

#### ■ 事業の内容

畜産業者は、本業の畜産業の中の家畜の敷き藁調達という行為によって建築用木材の資源循環フローに関わってくる。すなわち、製材加工工場から発生する副産物のおがくずや、チップ製造業者が生産するチップを安価で購入し、家畜の敷き藁としてマテリアルリサイクルしている。敷き藁として利用された後は、堆肥化され土に還ることが多い。

#### ■ 副産物の種類・再資源化方法・調達元

畜産業者が原料として利用する副産物は製材加工業者から発生するおがくずと、チップ製造業者が製造するチップである。調査対象の M 畜産業者では、秋田県北の製材加工工場からおがくずを回収するおがくず業者からおがくずを購入しているほか、A リサイクルセンターから解体材由来チップを購入しており、その比率は 4:1 ほどとのことであった。

#### ■ 再資源化製品の種類・出荷先

畜産業者では購入したおがくずやチップを敷き藁として自社内でマテリアルリサイクルする。使用済みの敷き藁は堆肥化され近隣の農家などで使用されることが多い。

#### ■ 資源循環フロー内の位置づけ

畜産業者は、製材加工業者で発生するおがくずとチップを家畜の敷き藁としてマテリアルリサイクルしている。また、使用済みの敷き藁は堆肥化され、農家などで使用され最終的には土に還るため、ここで再資源化フローは終了する。製材加工業者と畜産業者は副産物を介して共存しており、その関係は古くから続いている。

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

#### <サーマルリサイクル段階>

##### ・バイオマス発電

##### ■事業者

バイオマス発電所、電力会社



上 発電機

右 燃料ベルトコンベア

##### ■事業の内容

バイオマス発電所では、動植物に由来する有機物のバイオマス燃料<sup>64</sup>を燃焼させ、蒸気を作り、発電用タービンを回して電力・熱を製造する(蒸気タービン方式)。バイオマス燃料には様々なものがあるが、ここでは間伐材などの林産系バイオマスを中心とした木質バイオマスを燃料とする木質バイオマス発電所を取り上げる。木質バイオマス発電所の仕組みを図3-3-4<sup>65</sup>に示す。

調査対象の N バイオマス発電所では、秋田県北地域の製材加工業者を中心にスギ樹皮、製材端材、林地残材、間伐材、チップなどを有償で引き取り、破碎・乾燥を行った後バイオマス発電を行っていた。N バイオマス発電所の発電能力は 3000kWh、同時に 24t/h の上記を製造することができる。発電した電力、蒸気は再・乾燥施設に送られる他、隣接する A ボード工場にも送られている。さらに余った電力は電力会社に販売し、逆に電力が足りない場合は電力会社から購入している。

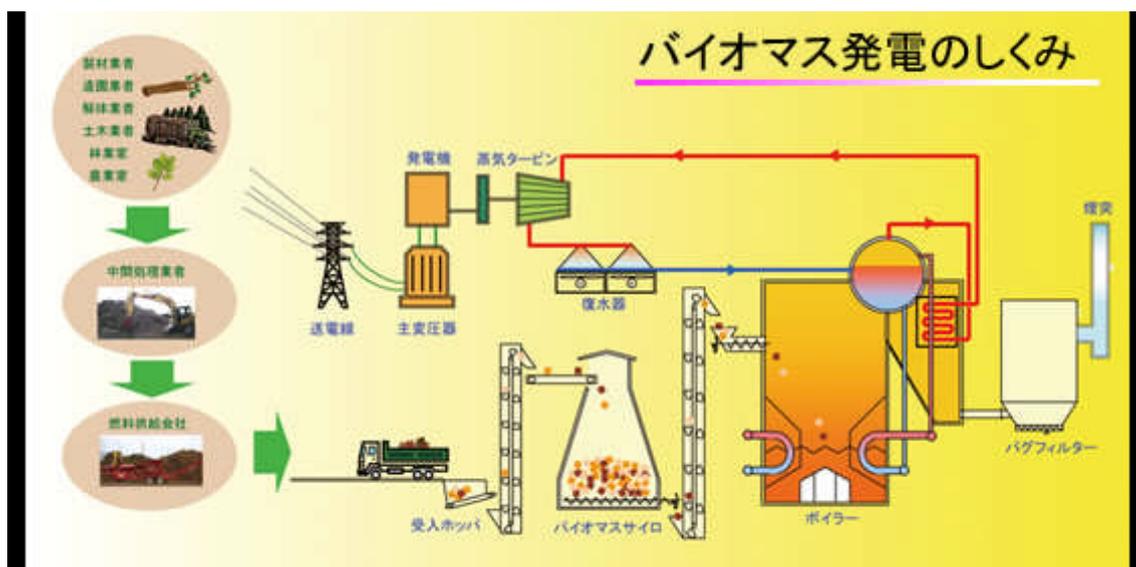


図 3-3-4 木質バイオマス発電の仕組み

<sup>64</sup> 動植物に由来する有機物であってエネルギー源として利用できるもの。具体的には、厨芥(都市廃棄物)、家畜糞尿(畜産系)、間伐材(林産系)、稲わら(農産系)、魚腸骨(水産系)、廃食用油(産業廃棄物系)など。

<sup>65</sup> 株式会社日田ウッドパワー ホームページ (2008/1/25 確認)

<http://www.fesco.co.jp/hwp/information/index.html>

#### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

木質バイオマス発電所の燃料となる副産物は幅広く、間伐材・林地残材、樹皮、端材、おがくず、解体材がある。これらを破碎・乾燥（チップ化されている場合や乾燥が十分な場合はこの工程は省略される）したのち、ボイラーに投入しバイオマス発電を行う。これはサーマルリサイクルである。

調査対象の N バイオマス発電所は秋田県に立地し、周辺に製材加工業者が多いことからその燃料は樹皮や端材が多く、集荷範囲は秋田県北地域にほぼ限定されている。一方、首都圏内のバイオマス発電所の場合は、燃料は解体材や解体材チップが多く、首都圏内にとどまらず静岡や福島まで集荷を行うなど、その集荷範囲は広い。

また、N バイオマス発電所は産業廃棄物の中間処理施設という位置づけで、原料となる製材端材などを持ち込む業者が処理費を払うのに対して、首都圏内のバイオマス発電所などでは燃料チップをバイオマス発電所側が購入する。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

バイオマス発電所の再資源化製品は電力と熱である。製造された電力や熱は、バイオマス発電施設内の工程に使用されるほか、近隣の工場や電力会社に販売される。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

バイオマス発電所は、主要フローで発生する全ての副産物（有害物を含む物は除く）を燃料とすることが可能で、サーマルリサイクルを行い電力や熱を製造する。電力や熱は近隣の向上や電力会社に販売され、発生する焼却灰は最終処分される。

#### ・自社内木くず焚きボイラー

#### ■事業者

木くず焚きボイラーを保有する製材加工業者



木くず焚きボイラー      乾燥機

#### ■事業の内容

木くず焚きボイラーを保有する製材加工業者は、工場端材などをボイラー燃料として熱を得、これを製材品や集成材ラミナの乾燥に使用している。ボイラーの焼却灰は最終処分される。調査対象の製材加工業者の中では、バイオマス発電所を保有する M 集製材工場や A 合板工場以外のほとんどの工場で木くず焚きボイラーを導入していた。

#### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

木くず焚きボイラーに投入される副産物は、製材加工業者で発生する樹皮、端材、おがくずである。自社内で発生する副産物のみを燃料として利用することが多い。

#### ■再資源化製品の種類・出荷先

木くず焚きボイラーで副産物を燃焼することによって、製材品乾燥用の蒸気が得られる。副産物の量が必要量よりも多い場合などは、単純に焼却する場合も見られる。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

木くず焚きボイラーは製材加工工場で発生する樹皮、端材、おがくずを燃料とし、サーマルリサイクルを行い熱を製造する。発生した蒸気は製材品の乾燥に使用される。発生する焼却灰は最終処分される。木くず焚きボイラーは、製材加工業者にとって副産物の体積を減らし、また輸送の手間を省くことができる有効な再資源化手法となっている。

### 3章 3-3 資源循環フロー内の各段階の分析

#### <最終処分段階>

##### ■事業者

最終処分場



持ち込まれる木くず



最終処分場

##### ■事業の内容

最終処分場では、受け入れる廃棄物の種類と処分方法によって安定型最終処分場、管理型最終処分場、遮断型最終処分場の3つに分かれている。建築用木材の副産物が、再資源化不能となり廃棄物となった場合は、産業廃棄物のうち木くずという分類になり、管理型最終処分場に埋め立てられる。調査対象の秋田県環境保全センターでは受け入れる木くずは年間1万t以上(比重0.3とすると3.3万m<sup>3</sup>)であり、そのほとんどが解体材であるとのことであった。

##### ■副産物の種類・再資源化方法・調達元

最終処分場では、再資源化が不能となった廃棄物を有償で受け入れ、埋め立てる。木くずの場合、1tあたり2000~3000円程度の処分費用がかかる。また、中間処理施設を併設している場合には、体積の大きい廃棄物に関しては破碎・縮減などを行い体積を減じてから埋め立てる。調査対象ではY最終処分場が木くずの破碎機を保有していた。

廃棄物の受け入れ範囲は原則として同一都道府県内である。

##### ■再資源化製品の種類・出荷先

最終処分場では、木くずを埋め立てるため製品は生まれない。

##### ■資源循環フロー内の位置づけ

最終処分場は主要フローで発生する副産物のうち、再資源化フローの中での再資源化が不可能になった廃棄物を受け入れ、埋め立てを行う。最終処分場において、副産物の再資源化フローは終了する。

## 3-4 秋田県産材の資源循環フローの特徴

これまで述べてきた秋田県産材の資源循環フローの特徴をここで整理する。

まず、主要フローについて述べる。

森林管理の段階について森林蓄積量をみると、秋田県は全国 1 位のスギ人工林面積 (23 万 6 千 ha)<sup>66</sup>を誇る森林資源の豊富な県である。とくに樹齢 200 年から 250 年にもなる天然秋田スギは年輪幅が狭く美しい木目を持っていることから銘木として高い評価を受けてきた。ただし、戦中・戦後の伐採により天然秋田スギの蓄積量は大幅に減少している。2012 年には天然秋田スギの生産は中止されることが決まっている。今後は蓄積量の豊富な造林スギの活用が一層求められている。

素材生産業者によって、伐採、玉切りされた原木は原木市場に出荷される。近年この原木市場を通さない、流通の中抜きも行われている。

原木市場を通じて、あるいは素材生産業者から直接買い付けられた原木は、製材工場で製材加工される。製材工場のほかにも、集成材工場・フローリング工場・合板工場などで秋田スギから製品が製造されている。なお、今回の調査対象の製材加工業者の中には、大規模工場の集成材工場を中心として、秋田県に立地しながら秋田スギをはじめとした秋田県産材をまったく原料として利用していない工場も見られた。統計調査<sup>67</sup>によれば、秋田県内の素材需要のうち 49%が県産材、8%が他県産材、44%が外材であった。また、県内の製材加工工場で生産される製品の内訳 (2005 年度)<sup>68</sup>は、製材品 27 万 m<sup>3</sup>で 23%、集成材が 30 万 m<sup>3</sup>で 25%、合板が 57 万 m<sup>3</sup>で 48%、フローリングが 5 万 m<sup>3</sup>で 4%となっている。製材品に限ってみれば、秋田県の特徴は板材が多いことであり、これは秋田県内の製材工場が伝統的に羽柄材 (野地板、壁下地材などの小断面製材品) や秋田スギの化粧性を生かした造作材 (鴨居、長押など構造材以外の部分で化粧用に使われる製材品) を主力製品として生産してきたためである。羽柄材や造作材の場合、生産工程は多品種少量生産となり、構造材などに比べると生産効率は上がりにくい。そのため秋田県においては製材工場の大規模化があまり進まず中小規模のものが中心となっている。

これら製材工場などで生産された製品は、約 6 割が県内に出荷、4 割が他県に移出する。また、近年中国に秋田スギ製品を輸出するプロジェクトも始まった。

製材加工業者で製造された製材品は、大きく県内で使用されるものと首都圏内で使用されるものに別れる。

秋田県内で使用される場合について述べる。2006 年度の秋田県の新設住宅着工数は 7,309 戸で、そのうち木造は 5,595 戸 (77%) であった。秋田県は大工数が多く、またプレカット工場が少ない。さらに、住宅の木造率は 89.5%<sup>69</sup>と全国 2 位の高さであることから卸売業者・小売業者などの流通業者を経て大工・工務店などが購入した製材品は軸組み構法住宅を構成することが多いと考えられる。秋田県の木造住宅の平均寿命は 78 年と推計<sup>70</sup>され、使用期間が終了すると住宅は解体を迎え、主要フローは終了する。

一方、首都圏内で使用される場合には、首都圏内のプレカット率が 90%を超えることから、多くの場合秋田県内の製材加工工場から秋田県内のプレカット工場、あるいは首都圏のプレカット工場を経由してプレカット加工が行われたのち、直接大工・工務店、あるいは

66 「平成 17 年度版 秋田林業統計」、秋田県農林水産部、2006

67 「平成 17 年度木材需給調査」、農林水産省、2006

68 「平成 18 年度 秋田林業統計」、秋田県農林水産部、2007

69 「平成 15 年度 土地統計調査」、総務省統計局、2004

70 「平成 15 年度 土地統計調査」(総務省統計局)より秋田県の木造住宅総戸数は 39 万戸、これを「平成 15 年度 建築着工統計調査」(秋田県)の秋田県内木造新築戸数 0.5 万戸で除した値。

### 3章 3-4 秋田県産材の資源循環フローの特徴

---

住宅メーカーに流れるものが主流と考えられる。

東京都の木造住宅の平均寿命は52年と推計<sup>71</sup>され、秋田県の木造住宅の平均寿命より30年弱短い。使用期間が終了すると住宅は解体を迎える。

次に、再資源化フローについて述べる。再資源化フローは、主要フローの中で副産物が発生することから開始となる。

まず、素材生産業者が間伐・主伐を行う際に、間伐材・林地残材が発生する。現在これらの再資源化はほとんど行われていないのが現状であり、その利活用が求められている。素材生産業者によって持ち込まれた原木を製材加工業者が購入する場である原木市場では、少量の樹皮以外ほとんど副産物は発生しない。

製材加工段階においては、製材工場・合板工場では樹皮・端材・おがくずが、集成材工場・フローリング工場では端材・おがくずが発生する。このうち樹皮は木くず焚きボイラーで燃焼されるかバイオマス発電燃料としてサーマルリサイクルされることが多い。端材は、自社内のチップパーでチップ化されるか、チップ製造業者に安価で販売されることが多い。生産されたチップは品質のよい物は製紙、それほどよくないものはボードの原料としてマテリアルリサイクルされる。また、おがくずは近隣の畜産業者で家畜の敷き藁としてマテリアルリサイクルされる。

製品が秋田県内に出荷された場合プレカット加工はあまり行われず、流通業者を経て木造軸組住宅に使用されることが多い。施工現場で発生する端材は、チップ業者に渡っていると考えられる。秋田県の木造住宅は平均78年の使用期間後に解体され、その際には解体材が発生する。秋田県においては解体材からチップを製造し、ボード原料とする取り組みも見られるものの、解体材はほとんどが最終処分場に埋め立てられている。

一方、製品が首都圏内に出荷された場合、構造部材に関してはプレカット加工が行われることが多い。プレカット工場で発生する端材はボードなどにマテリアルリサイクルされることが多い。プレカット材は大工・工務店、住宅メーカーに直送されることも多く、こうした施工業者によって住宅が建てられる。プレカットにより施工現場で発生する端材は少ない。東京都の木造住宅は平均52年の使用期間後に解体され、解体材が発生する。解体材は大量に発生し、ボードにマテリアルリサイクルされる他、バイオマス発電所などの燃料としてサーマルリサイクルされている。サーマルリサイクルにより発生した焼却灰は最終処分場に埋め立てられる。

---

<sup>71</sup>「平成15年度 土地統計調査」(総務省統計局)より東京都の木造住宅総戸数は259万戸、これを「平成15年度 建築着工統計調査」(東京都)の東京都内木造新築戸数5万戸で除した値。

## 4章 北欧産材の資源循環に関する実態調査

---

- 4-1 調査の方法と対象
- 4-2 北欧産材の資源循環フロー
- 4-3 資源循環フローの各段階の分析
  - 4-3-1 木質パネル住宅メーカーM社
  - 4-3-2 木質パネル住宅メーカーS社
- 4-4 北欧産材の資源循環フローの特徴
- 4-5 秋田県産材と北欧産材の資源循環フローの比較

## 4章 北欧産材の資源循環に関する実態調査

### 4-1 調査の方法と対象

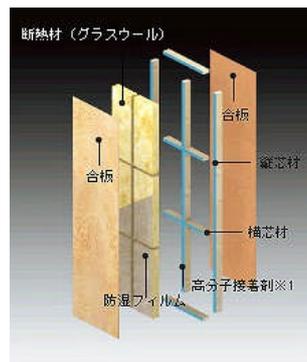
3章においては、秋田県産材を対象として、秋田県内の木材関連業者及び首都圏内の再資源化業者に聞き取り調査・現地調査を行い、秋田県産材の資源循環フローの実態とその特徴を明らかにした。

本章においては、日本国内の木材需給の80%を占める輸入材の1つとして、北欧産材を調査対象に取り上げる。ここで、北欧産材を対象とした理由は、まず第一に近年日本の集成材生産の拡大に伴って北欧からの乾燥ラミナの輸入量が増加してきており、輸入材の中で北欧産材の比率、輸入量が増加してきていることである。さらに他の輸出国と比較して北欧からの輸入は製材比率が高く、製材加工を行う北欧においても日本とは異なる木材の資源循環フローが存在していると予想されたためである。

調査に当たっては、北欧（フィンランド・スウェーデン）で生産される製材を木質パネルの芯材として使用している日本の工業化住宅メーカーM社、S社の2社に御協力をいただき、M、S社が使用する製材品を製造している製材工場（M社は自社工場）を中心に関連業者6社に対して北欧での聞き取り調査・現地調査（1章表1-3-1 調査ほ）を行った。北欧での聞き取り調査・現地調査は、2007年9月に1週間の日程で行った。

さらに、2007年10～11月にかけて北欧から輸入された製材品を再加工する日本の工場や施工現場など日本における生産段階について関連業者4社に聞き取り調査・現地調査（1章表1-3-1 調査ほ）を行った。ここで、工業化住宅メーカーの木質パネル部材を対象とした理由は、まず第一に秋田県産材が使用される可能性の高い軸組構法と異なる構法であるという点である。工業化の進んだ木造住宅の生産システムの中で、建築用木材の資源循環がどのように行われているかを把握することで、さらに建築用木材の資源循環の特徴をつかむことができると考えた。また、北欧が調査対象ということで、国際流通が含まれるため、流通の把握が行いやすい工業化住宅メーカーの事例を選んだ側面もある。

次ページ表4-1-1に調査対象の概要を示す。



木質パネル芯材イメージ

表 4-1-1 調査対象の概要

## M社関連調査

	業種	対象団体名	所在地	業務内容・特徴	調査日時
主要フロー	森林管理・伐採	ME伐採業者	フィンランドM市	世界有数の規模を誇る林産関連総合会社。伐採のみでなく、製紙、製材、ボード製造などをおこなっている。高性能林業機械による効率的な伐採を行っている。PEFC認証取得業者。	07.09
	製材加工	M社フィンランド工場	フィンランドM市	ME社などから原木を仕入れ、M社パネル芯材を製材。隣接するE電力会社とチップ供給⇄電力供給という共存関係にある。	07.09
	再加工	M社パネル工場	長野県	年間1000棟以上のパネル生産を行う大規模パネル工場。	07.10
	施工	M社	(M社本社)	全国に展開する大手工業化住宅メーカー。工業生産したパネルにより耐震性・断熱性に優れた木質パネル住宅を供給。パネル部の組立は数日で終了する。	07.11
再資源化フロー	バイオマス発電所	E電力会社	フィンランドM市	M社フィンランド工場に隣接するバイオマス発電所。M社以外にも近隣の製材工場から木質バイオマスを購入し、電力・熱を供給している。	07.09

## S社関連調査

	業種	対象団体名	所在地	業務内容・特徴	調査日時
主要フロー	森林管理・伐採	W伐採業者	スウェーデンI市	国営大規模林産会社に対抗するためにB社など数社の製材業者が設立した素材生産業者。高性能林業機械による効率的な伐採をおこなっている。PEFC認証取得業者。	07.09
	製材加工	B社製材工場	スウェーデンI市	年間数十万m <sup>3</sup> の原木を消費する大規模製材工場。主な製材品の販売先は日本で、T社にパネル用材を販売している他、製材品を直接日本に販売している。社長自身が何度も日本を訪れたことがある。	07.09
	再加工	T社パネル工場	スウェーデンI市	主にB社から製材を仕入れ、他のメーカーから仕入れた合板などと合わせてS社のパネルを製造する。	07.09
		S社プレカット工場	神奈川県	S社の物流基地に併設されたプレカット工場。根太、床合板のプレカットや特殊パネルの製造を行う。	07.11
	施工	S社	(S社本社)	主に東日本を中心に展開する大手工業化住宅メーカー。北欧産パネルによる高い断熱性能を積極的にアピールしている。	07.10
再資源化フロー	ボード工場	Tボード工場	東京都江東区	新築系廃木材・廃パレットなどを回収、PBを製造している。S社のプレカット工場で発生する端材も回収している。	06.08

4-2 北欧産材の資源循環フロー

ここでは、3章と同様にはじめに調査の結果把握できた資源循環フローを示し、このフローに沿う形で各段階における事業者、事業の内容、製品の種類・出荷先、副産物の種類・処分方法・処分先、資源循環フロー内の位置づけの5点について述べていくこととする。秋田県における調査と異なり、ここではプレファブ住宅メーカーM、S社の木質パネル構法住宅の生産フロー（主要フロー）を追っていく。そのため、基本的に各段階に事業者は1社であり、各事業者は木質パネル部品の取引を介して連携している。

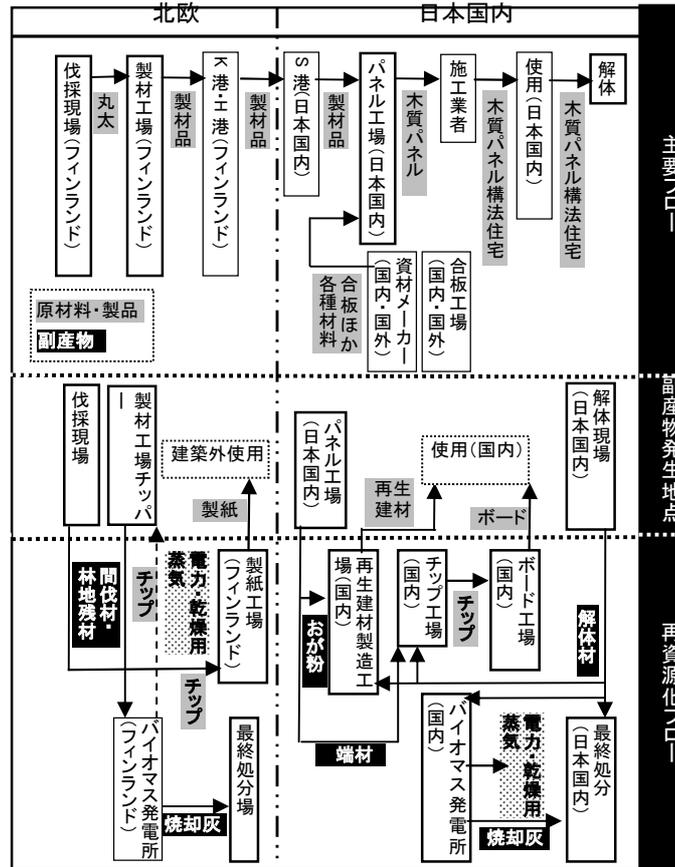


図 4-2-1 北欧産材の資源循環フロー（フィンランド～日本・M社）

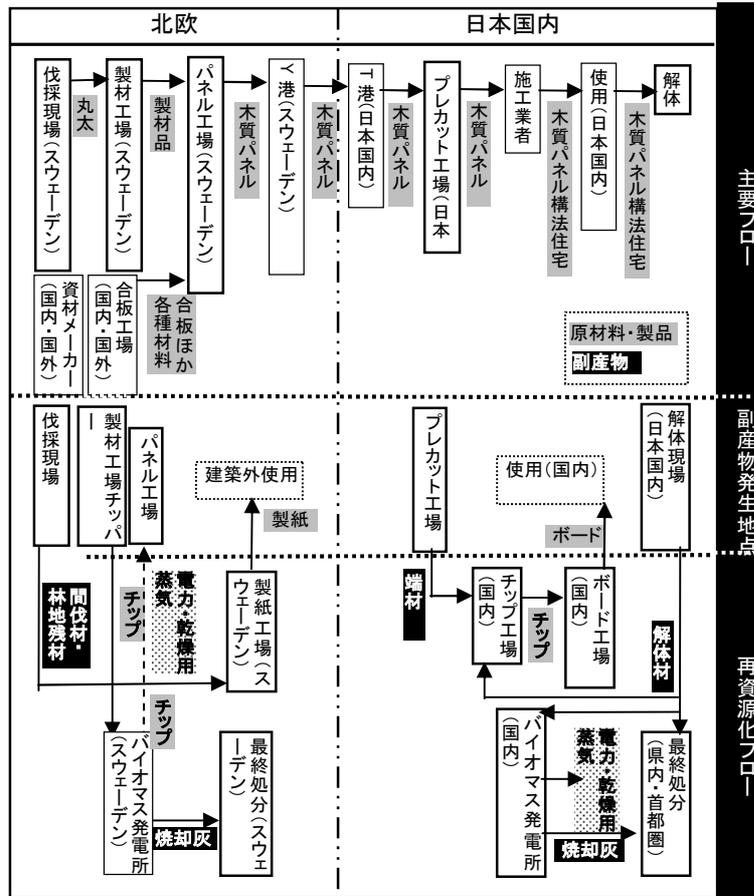


図 4-2-2 北欧産材の資源循環フロー（スウェーデン～日本・S社）

調査結果の記述に関しては、主要フローと再資源化フローの分離、再資源化フローに入る副産物の設定、生産段階の分割など全て 3 章と同じものとする。ただし、フィンランドとスウェーデンという原産国の異なる調査事例が 2 社あるため 1 社ずつ調査結果について述べていくこととする。

## 4-3 資源循環フロー内の各段階の分析

### 4-3-1 木質パネル住宅メーカーM社

#### (1) 主要フロー

M社のパネル用芯材として利用されるフィンランド産材の主要フローについて、森林管理・伐採段階、製材加工段階、再加工段階、施工段階、解体段階の5つの段階ごとに分析を行う。

#### <伐採段階>

##### ■事業者

ME 伐採業者  
(フィンランド)



平坦な林地



ハーベスタ玉切りの様子



ローダー

##### ■事業の内容

ME 伐採業者は、世界有数の林業関連総合業者であり、伐採業務以外にも製紙、パルプ、ボード製造などを行っている。北欧諸国では林業・林産業は非常に重要な産業であり、とくに製紙業者・製材業者には規模の大きなものが多い。こうした業者は関連する様々な業務にも手を広げ、ME社のような総合会社になる。

伐採業務はハーベスターという高性能林業機械で行う。伐倒（立木を伐って倒す）、枝払い、玉きり（適当な長さの丸太に切り分ける）全てをハーベスターで行う。ハーベスターの運転士が伐倒の際に立木をつかむと、自動的に径が計算され、最も効率のよい（高値で売れる）玉きりの仕方が決定される。玉きりされた丸太はローダーによりトラックの入ることのできる道路まで運び出す。一本の立木を伐倒し玉きりするまで70秒程度しかかからず、非常に効率的に伐採作業がなされていた。フィンランド、スウェーデンは林地がなだらかなことが多く、高性能林業機械を用いた伐採業務も行いやすい。

また、ME伐採業者は、持続可能な森林経営を認証するPEFC認証を取得している。

##### ■製品の種類・出荷先

生産する丸太は大まかに太：合板、中：M社フィンランド工場、細：製紙・パルプ用となっている。

##### ■副産物の種類・処分法・処分先

伐採段階においては切り株や枝条が伐採現場に残される。ただし、伐採条件のよいこともあり立木はかなり根本に近い部分で伐採されていた。

##### ■資源循環フロー内の位置づけ

ME伐採業者は伐採業務を行い、M社フィンランド工場に原木を供給する。

## &lt;製材加工段階&gt;

## ■事業者

M社フィンランド工場  
(フィンランド)



原木



製材の様子



チップ

## ■事業の内容

M社フィンランド工場では、ME社など2社から主に原木の仕入れを行っており、パネル芯材用ホワイトウッド乾燥材の生産を行っている。また、ヨーロッパ諸国からの製材工場からの乾燥材の調達という商社的な役割も果たすことがある。

そもそもM社フィンランド工場が設立したきっかけは、M社のパネル芯材がJAS規格外品のため安定的な調達が難しかったことであり、1994年にM社フィンランド工場が設立し、自社供給に切り替えた。

大まかな生産工程は、丸太の選別→剥皮→製材→乾燥→モルダー→保管→コンテナ詰め→H港あるいはK港に輸送 となっている。

## ■製品の種類・出荷先

M社のパネル芯材を生産している。100%乾燥材であり、日本着時に含水率15%以下の目標値に合わせてM社では19%の目標値を設定している。

## ■副産物の種類・処分法・処分先

M社フィンランド工場で発生する副産物は、製材機に備え付けられているチップパーで生産されるチップ、別のチップパーで製造されるチップ、樹皮がある。製材機で製造されるチップは樹皮の付着がなく質のよいものであり、製紙業者（この会社もME社のグループである）に販売される。その他のチップや樹皮は、工場内でチップ化できない場合は業者に委託するなどするが、ほぼ全量が隣接するE社バイオマス工場にパイプラインにて搬送され、有価で販売される。逆に、M社フィンランド工場はE社から電力の他に温水パイプを介して熱供給を受けており、この熱を利用して製材の乾燥を行っている。

## ■資源循環フロー内の位置づけ

M社フィンランド工場は、M社のパネル芯材の製材を行い、主要フローの中で中心的な役割を果たしている。M社フィンランド工場から発生する副産物には良質チップと質の悪いチップと樹皮の混合物があり、前者は主に製紙業者に販売され、高位のマテリアルリサイクルが行われる。一方後者は隣接するE社バイオマス発電所の燃料としてサーマルリサイクルされる。また、M社フィンランド工場自体がE社バイオマス発電所の電力・熱供給を受けている。

#### 4章 4-3 資源循環フロー内の各段階の分析 (M社)

##### <再加工段階>

##### ■事業者

M社パネル工場  
(日本)



##### ■事業の内容

邸別に分けられた資材

木質パネル

建具展示

M社フィンランド工場で製材されたパネル芯材は、コンテナ船での海上輸送、港から工場までのトラック輸送を経て、M社パネル工場に納品される。M社パネル工場は、M社の木質パネルの製造を行うM社の中心的工場である。7ラインを備え、床パネル・屋根パネル・小壁パネル・スケルトンパネル・大型異形屋根パネルの製造を行っている。

パネルの生産工程は、<芯材の選別>M社規格で含水率12~13%→<切削工程>→<長さ・溝加工工程>→<枠組み工程>→<接着剤工程>→<合板貼り付け工程>→<断熱材充填>8, 16, 24 kgの3種類→<圧縮工程>1枚ごとに行うことで生産効率アップ→<仕上げ工程>片面サイザーを導入→<ダボ穴、アンカー穴加工>→<半割・正角材取り付け>→<ダボ挿入>→<仮組工程>→<ジョイント工程>→<防水透湿シート貼り工程>→大型化したパネルを立ち上げる→<窓枠・サッシ取り付け>→<シャッター・スリーブ取り付け>→<ケーシング取り付け>→<サイディングカットと貼り付け>→<ラックいれセット>となっている。生産された木質パネルは、関東~近畿地方のM社施工現場に輸送され、木質パネル住宅を構成する。

##### ■製品の種類・出荷先

床パネル・屋根パネル・小壁パネル・スケルトンパネル・大型異形屋根パネルを製造し、製造されたパネルは関東~近畿地方の施工現場に輸送される。

##### ■副産物の種類・処分法・処分先

M社パネル工場で発生する副産物には、切削工程や長さ・溝加工工程で発生する端材がある。この処分方法は、より小さい部材に再利用する、粉状にして再生建材の原料として関連会社に販売、工場内ボイラでサーマルリサイクルの3通りの処理方法がある。

なお、木質系以外の副産物については、サイディングの不良品や端材は、コーナー役物として再利用、あるいは資材メーカーに回収してもらっている。余った防水シートはプラスチック資材メーカーに販売、廃プラはサーマルリサイクルしている。

##### ■資源循環フロー内の位置づけ

M社パネル工場は、フィンランドで製材されたパネル芯材と、合板などその他資材を組み合わせ、木質パネルを製造する。工業化住宅メーカーの中心的工場であり、規模も大きい。副産物の端材については、粉砕して関連業者で再生建材原料としてマテリアルリサイクルするという特徴的な手法をもっている。

### < 施工段階 >

#### ■ 事業者

M 社契約施工業者  
(日本)

#### ■ 事業の内容

施工業者は、M 社のディーラー（M 社の木質パネル住宅の設計、建設、販売まで自らの責任で行う。部材生産は M 社が行う。）から建設工事を請け負い、ディーラーの管理のもと施工業務を行う。M 社の物件ばかりを施工するほぼ専属のような施工業者もあれば、繁忙期のみ工事を請け負う業者などもあり、M 社の物件への依存度は施工業者によって異なる。施工業者にはこれまで軸組構法住宅の設計施工を行ってきた工務店が多いため、ディーラーは木質パネル住宅の建設について定期的に勉強会を開いて施工業者の教育に努めている。

施工業務の大まかな流れは着工・地縄→基礎工事→木質パネルの組立工事→造作工事→内部造作工事→仕上げ工事→竣工となっている。全工期は 2 ヶ月～3 ヶ月かかり、木質パネルの組立は 2 日間で完了する。

#### ■ 製品の種類・出荷先

施工業者によって施工された木質パネル住宅は、使用期間に移る。木質パネル住宅の歴史はいまだ 40 年ほどであるため、ほとんどの住宅が使用期間を終えていない。そのためその平均使用期間についても現時点でははっきりと分らない。

#### ■ 副産物の種類・処分法・処分先

M 社新築現場では、部材が工場生産されているためそれほど副産物は発生しない。少量の端材やおがくずは、それぞれ中間処理業者を介してチップ化、家畜の敷き藁としてマテリアルリサイクルされている。こうした副産物の回収には、各施工現場への M 社の資材輸送の帰りが有効に利用されている。

また、実際に M 社の物件で一定の使用の後に解体されたものはほとんどないとのことであったが、モデルハウスの解体は行ったことがあるとのことであった。この際発生した解体材は新築端材と同様にチップと敷き藁に再資源化されたとのことであった。

#### ■ 資源循環フロー内の位置づけ

M 社の施工業者は、ディーラーを介して M 社の木質パネル部材をはじめとした工場生産資材を仕入れ、これらを組み立てる施工業務を行う。完成した木質パネル住宅は生産段階から使用段階へと移る。

一般に、新築現場の端材は少量で散在的に発生するため有効活用が難しいが、M 社では全国規模の住宅メーカーである強みを生かして資材輸送の帰りが有効に利用して効率的に副産物の再資源化に努めている。

#### 4章 4-3 資源循環フロー内の各段階の分析 (M社)

##### (2)再資源化フロー

M社でパネル芯材に使用される北欧産材の再資源化フローは、原産国の北欧と、使用国側の日本で2つに分かれている。

##### <マテリアルリサイクル段階>

###### ■事業者

(フィンランド) 製紙工場  
(日本) 再生建材製造工場・チップ製造業者



再生建材原料

製造の様子

###### ■事業の内容

北欧においてはM社フィンランド工場で発生したチップは製紙工場の原料となり、紙製品にマテリアルリサイクルされる。

一方、日本においてはM社パネル工場で発生した端材は粉碎され関連工場で再生建材にマテリアルリサイクルされる。さらに、施工現場(将来的には解体現場も含まれると考えられる)から発生する端材はチップ製造業者でチップ化され、ボードや製紙にマテリアルリサイクルされる。

###### ■製品の種類・出荷先

北欧の製紙工場については調査範囲を超えるため出荷先などは分からない。日本の再生建材製造工場で製造された再生建材は、M社の住宅の中で建具やエクステリアなどに広く使用されている。

###### ■副産物の種類・処分法・処分先

調査範囲を超えるため不明である。

###### ■資源循環フロー内の位置づけ

北欧においては、製材端材のマテリアルリサイクルはほとんどその手法が製紙原料に限られている。日本の再生建材へのマテリアルリサイクル例はM社の生産工程から発生する副産物を再度M社で使用する建材の原料としている非常に特徴的な取り組みであり、ここにも大手住宅メーカーの強みが発揮されている。

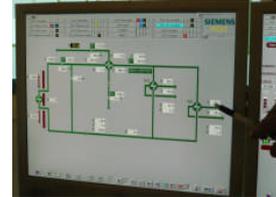
## &lt;サーマルリサイクル段階&gt;

## ■事業者

E社バイオマス発電所  
(フィンランド)



バイオマス燃料

発電所外観 M社フィンランド工場への  
温水供給状況

## ■事業の内容

E社バイオマス発電所では、M社フィンランド工場を含む近隣の製材工場や紙パルプ工場、林地残材などを有価で購入し、バイオマス発電の主燃料としている。その割合はおよそ60%ほどで、このほか泥炭と補助燃料として少量の石油を燃料としている。

気候の厳しい北欧諸国では、地域暖房システムが一般的で、現在住宅ストックのおよそ半数は地域暖房システムの下にある。地域暖房システムのなかでも燃料を燃焼させ発生した蒸気でタービンを回して発電すると同時に、燃焼の際に発生する余熱を利用して温風や温水などの熱も供給する CHP 方式が効率のよいシステムとして知られている。E社バイオマス発電所はこの CHP 方式の発電所である。

## ■製品の種類・出荷先

E社バイオマス発電所では電力と熱を製造し、近隣地域に供給している。

## ■副産物の種類・処分法・処分先

E社バイオマス発電所では発生する副産物は焼却灰で、全焼却灰のうち2割程度が森林の肥料として利用されている。残りの8割は最終処分場に埋め立てられる。

## ■資源循環フローの位置づけ

E社バイオマス発電所では、近隣の製材工場や紙パルプ工場からチップを購入し、発電と熱供給を行っている。林産業の盛んな北欧においては、こうしたバイオマス発電所が製材工場などの工場地域に立地することはよく見られることで、電力会社にとっても木質燃料の安定供給が期待できるメリットがある。

発電所で発生する焼却灰のうち森林肥料として利用されるものもあるが、大半は最終処分され、再資源化フローが終了する。

### 4-3-2 木質パネル住宅メーカーS社

次に、スウェーデンで伐採、製材加工、木質パネルの製造を行うS社について述べる。

#### (1) 主要フロー（S社）

S社のパネル用芯材として利用されるスウェーデン産材の主要フローについて、森林管理・伐採段階、製材加工段階、再加工段階、施工段階の4つの段階ごとに分析を行う。

#### <伐採段階>

##### ■事業者

W伐採業者  
（スウェーデン）

##### ■事業の内容

W伐採業者は、製材加工業者B社など製材加工業者3社が共同して設立した林業事業体で、スウェーデン南部の個人所有林（レッドパイン、ホワイトウッド）を中心に、伐採業務を行っている。伐採作業はフィンランドと同様に高性能林業機械を使用しており、効率的な伐採が行われている。

また、W伐採業者は、持続可能な森林経営を認証するPEFC認証を取得している。

##### ■製品の種類・出荷先

一本の立木を4本の丸太に玉切りする。根本に近い3本の丸太は製材用、最も細い丸太は家具や製紙パルプ用である。また、製材用のうちとくに質のよい丸太はS社の窓枠パネル用となる。

##### ■副産物の種類・処分法・処分先

伐採後に残る枝条や根などは林地に放置されていたが、今後これらを林地でまとめてペレット化し、製材工場のボイラー熱源や暖房用として利用する計画がある。また、再植林は義務付けられている。

##### ■資源循環フローの位置づけ

W伐採業者は伐採業務を行い、原木をB製材加工業者に供給する。

<製材加工段階>

■事業者

B 社製材加工工場  
(スウェーデン)

■事業の内容

B 社製材加工工場では W 伐採業者などから仕入れた原木を原料に製材加工を行っている。B 社製材加工工場は年間数十万 m<sup>3</sup>の原木を消費する大規模な製材加工工場であり、機械化も進んでおり効率的な製材加工業務が行われている。

■製品の種類・出荷先

B 社製材加工工場で生産された製材品は主に日本に出荷され、構造材、造作材として利用されている。B 社の社長自身何度も日本に営業で訪れたことがあり、日本側の需要に合わせて断面寸法や含水率の調整を行っている。

また、B 社製品のうち一部は隣接する T 社パネル工場に出荷され、パネル化された状態で日本に出荷される。

■副産物の種類・処分法・処分先

調査範囲外のため詳細は不明であるが、製紙原料、バイオマス発電所の燃料として利用されることが一般的である。

■資源循環フローの位置づけ

B 社製材加工工場では、W 伐採業者から供給された原木を原料に製材加工業務を行い、製材品を T 社パネル工場に供給する。

#### 4章 4-3 資源循環フロー内の各段階の分析 (S社)

##### <再加工段階>

##### ■事業者

T社パネル工場  
(スウェーデン)



木質パネル組立の様子



窓製品組立の様子



コンテナへ製品を積込

##### ■事業の内容

T社パネル工場ではB社製材工場などで製材された製材、および他の製材工場・商社などから仕入れた集成材・合板などを原料に、S社の木質パネル及び窓を製造している。大まかな生産工程は以下のようになっている。

##### ・パネル工場

B社をはじめとした製材・合板工場より乾燥原料搬入→プレカット→枠組みを組む→片面合板貼り付け→断熱材充填→合板貼り付け→(防腐処理)→品質チェック→コンテナ入れ(港別、積載率が最大になるようにコンピュータで複数の住宅の部材を組み合わせて積み込み)

間仕切壁などは断熱材充填を行わず、枠組みの状態ですべて日本へ輸送される。

##### ・窓工場

原料搬入→30°C15時間キルンドライ乾燥→工場内湿度30%に加湿しながらプレカット→窓枠組む→ガラスはめ込み→ガスケット→(塗装)→品質チェック→コンテナ入れ

##### ■製品の種類・出荷先

T社パネル工場では、木質パネルおよび窓を生産し、これらは日本の木質パネル住宅メーカーS社の住宅部品として、ほぼ全て日本に出荷される。

輸送経路は、T社パネル工場から最寄の駅までトラックで輸送し、その後鉄道輸送で港まで運ばれ、コンテナ船で約6週間かけて日本まで海上輸送される。

##### ■副産物の種類・処分法・処分先

T社パネル工場では、製材品をパネル芯材として仕入れているため歩留まりがほぼ100%に近い。そのため発生する副産物の量は少なく、これらはほぼ全て地域暖房の熱源としている。一部薬剤処理された副産物は最終処分される。

##### ■資源循環フローの位置づけ

T社パネル工場では、B社製材工場などから製材品を仕入れ、S社の木質パネルと窓製品を生産している。製品は日本で簡単な再加工、品質チェックを行った後、施工現場で住宅部品として利用される。よって、T社パネル工場はスウェーデンに所在しているが、日本のS社の住宅生産の中心的工場であるといえる。

## 〈再加工段階〉

## ■事業者

S 社プレカット工場  
(物流倉庫)  
(日本)



特殊パネルの組立



倉庫内部



端材の回収

## ■事業の内容

スウェーデンの T 社パネル工場から日本へ出荷された木質パネルおよび窓製品は、日本各地の港に到着したのち、港に近接する S 社物流倉庫に輸送される。物流倉庫にはプレカット工場が併設されている場合があり、ここで特殊パネルの製造やプレカットなどが行われる。

物流倉庫では、製品の最終品質チェックが行われ、各現場の施工計画に合わせて部材が搬出される。

## ■製品の種類・出荷先

S 社プレカット工場ではスウェーデンでは製造が難しい特殊パネルやプレカット加工を行い、施工現場に輸送する。

## ■副産物の種類・処分法・処分先

S 社物流倉庫では、品質チェックで不合格となった不良品が、プレカット工場では端材が発生する。これらは、Y チップ業者が有償で回収し、パーティクルボードの原料としてマテリアルリサイクルされる。

## ■資源循環フローの位置づけ

S 社プレカット工場、物流倉庫では、スウェーデンの T 社パネル工場で生産された木質パネル、窓製品の最終品質チェック、プレカット加工などを行い、各部材を施工現場に振り分け輸送する。物流基地としての機能が大きい一方、T 社パネル工場では製造できない特殊パネルの製造を行うなど T 社のパネル工場の補完的役割を果たしているということもできる。

#### 4章 4-3 資源循環フロー内の各段階の分析 (S社)

##### <施工段階>

■事業者  
施工業者  
(日本)



S社物件施工現場



搬入された窓製品



施工現場内観

##### ■事業の内容

S社の物件を請け負った施工業者は、S社の木質パネルや窓製品、その他資材を組み合わせ、木質パネル住宅を施工する。

##### ■製品の種類 (施工される木造住宅)

施工業者によって施工されたS社の木質パネル住宅は、使用期間に移る。木質パネル住宅の歴史はいまだ40年ほどであるため、ほとんどの住宅が使用期間を終えていない。そのためその平均使用期間についても現時点でははっきりと分からない。

##### ■副産物の種類・処分法・処分先

S社の住宅部品は工場生産されたものがほとんどであるため施工現場では木質系の副産物はほとんど発生しない。発生したものは、チップ業者に有償で回収され、ボード原料やバイオマス発電燃料となることが多い。

##### ■資源循環フローの位置づけ

S社の物件を請け負った施工業者は、S社の木質パネルや窓製品をはじめとした工場生産資材を仕入れ、これらを組み立てる施工業務を行う。完成した木質パネル住宅は生産段階から使用段階へと移る。

## (2)再資源化フロー

S社でパネル芯材に使用される北欧産材の再資源化フローは、原産国のスウェーデンと、使用国側の日本で2つに分かれている。

### <マテリアルリサイクル段階>

#### ■事業者

(スウェーデン) 製紙工場  
(日本) チップ製造業者

#### ■事業の内容

スウェーデンにおいてはB社製材工場、T社パネル工場で発生した端材は製紙工場の原料となり、紙製品にマテリアルリサイクルされる。

一方、日本においてはS社プレカット工場や施工現場で発生した端材はチップ製造業者でチップ化され、ボードや製紙にマテリアルリサイクルされる。

#### ■製品の種類・出荷先

北欧の製紙工場については調査範囲を超えるため出荷先などは分からない。日本のボード工場で製造された木質ボードは、広く日本国内で床下地などに使用されている。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

北欧においては、製材端材のマテリアルリサイクルはほとんどその手法が製紙原料に限られている。日本においては、秋田県産材の場合と同じようにチップ化し、ボード原料としてマテリアルリサイクルされることが多い。

### <サーマルリサイクル段階>

#### ■事業者

(スウェーデン) バイオマス発電所・地域暖房設備  
(日本) バイオマス発電所

#### ■事業の内容

スウェーデンにおいてはB社製材工場、T社パネル工場で発生した端材は地域暖房の熱源としてサーマルリサイクルされることが多い。

一方、日本においてはS社プレカット工場や施工現場で発生した端材はチップ製造業者でチップ化され、バイオマス発電所の燃料としてサーマルリサイクルされる。

#### ■製品の種類・出荷先

スウェーデン、日本どちらの場合においても、製造された電力や熱はバイオマス発電所近隣の製紙工場などで利用される。

#### ■副産物の種類・処分法・処分先

スウェーデン、日本どちらの場合においても、発生した焼却灰は最終処分される。

#### ■資源循環フロー内の位置づけ

バイオマス発電所（スウェーデンでは地域暖房設備も見られる）では、近隣の製材工場やチップ業者などから回収した端材・チップなどを原料として電力・熱を製造する。焼却灰は最終処分され、再資源化フローは終了する。

#### 4-4 北欧産材の資源循環フローの特徴

以上の調査結果より、北欧産材の資源循環フローの特徴を述べる。

まず、伐採段階においてはM社、S社とも高性能林業機械を用いた効率的伐採業務を行う林業総合会社から原木の提供を受けていた。北欧におけるこうした林業総合会社の影響力は非常に大きく、秋田県の林業の状況とはまったく異なる。

製材加工段階においては、M社は自社工場、S社は製材工場から購入という形を取っていたが、どちらの場合も生産量の大きな大規模工場で効率的に製材業務を行っていた。ともに100%乾燥材を生産している。また、使用する電力はバイオマス発電で供給されている。製材工場で発生するチップは質のよい物は製紙工場に、それ以外はバイオマス発電燃料となることが一般的である。

再加工段階においては、M社は日本で、S社は北欧で行っていた。パネル化は工業化住宅の生産工程において中心的な工程であり、製材工場で製材された芯材で枠組を組み、断熱材を充填し、合板を貼り付けパネルを生産する。この過程で発生する副産物は少量であり、M社では自社開発の再生建材の原料としてリサイクルするという取り組みが見られた。S社においては製材工場と同様に、製紙原料あるいはバイオマス発電燃料としている。

施工段階においては、工業化住宅のためほとんど副産物は発生しない。M社では資材の帰り便を利用して副産物の回収を行っていた。

以上のように、北欧産材の資源循環フローは主要フローは北欧～日本と連続し木質パネルを製造している。一方再資源化フローは北欧と日本で別れており、その内容も大きく異なる。すなわち、北欧においては再資源化手法が製紙原料としてマテリアルリサイクルするか、バイオマス発電燃料としてサーマルリサイクルするかである。一方、日本においては、とくにM社では大手工業化住宅メーカーの強みを生かして自社開発の再生建材の原料としたり、少量の現場発生副産物も回収するなどの取り組みが見られた。ただし、工業化住宅の解体例はいまだ少なく、その構法的制約（金物・接着剤の多用）から解体材の再資源化は難しくなると考えられる。

## 4-5 秋田県産材と北欧産材の資源循環フローの比較

ここまで秋田県産材と北欧産材の資源循環フローについて述べてきた。秋田県産材の資源循環フローの調査は秋田県内の木材関連業者を対象に、北欧産材の資源循環フローの調査は北欧産材を使用する住宅メーカー2社を対象として行ったため、明らかにすることのできた資源循環フローは様々な点で異なっている。ここでは、2つの資源循環フローの比較を行い、相違点を明らかにする。

まず主要フローについて述べる。

伐採段階においては、北欧産材は高性能林業機械による伐採が一般的に行われている。秋田県産材は一部高性能林業機械による伐採も行われているものの、チェーンソーなどの手持ち機械による伐採も多く行われている。

製材加工段階においては、秋田県産材は中小規模の製材工場、北欧産材は大規模な製材工場それぞれ製材が行われることが多い。また、秋田県産材は構造材のみならず、造作用の板材などに多く製材されるのに対して、北欧産材は構造材、集成材ラミナに製材されることがほとんどである。

再加工段階においては、秋田県産材の場合出荷先によって再加工の程度が大きく異なる。秋田県内に出荷された場合はプレカット加工が行われることは少なく、大工の手刻みで継ぎ手仕口などの加工などが行われる。一方、首都圏に出荷された場合は大規模なプレカット工場でのプレカット加工が行われることが多い。

北欧産材の場合、今回の調査対象の特性により再加工段階ではパネル化が行われている。軸組構法住宅に使用される場合は、プレカット加工が行われることが一般的である。

施工段階においては、部材のパネル化やプレカットなどの住宅構法の工業化が進むに従って施工日数や発生廃棄物量が少なくなる傾向がある。今回の調査対象では、北欧産材のほうが秋田県産材よりも工業化の進んだ住宅生産システムに使用されることが多かった。これは、北欧産材が乾燥が十分に行われており品質管理のしやすい材であることが大きな原因であると考えられる。

また、輸送に関しては、秋田県産材は出荷先、施工地が秋田県内の場合（地産地消型）と、首都圏の場合（一般流通型）の2通りに大きく分けられる。一方北欧産材は、北欧から日本までの長距離海上輸送が行われ、さらに日本での再加工後首都圏を中心に日本各地に施工地が分散している（輸入型）。

使用段階に関しては、秋田県産材の場合、秋田県内の木造住宅の平均寿命が78年、東京都の木造住宅の平均寿命が52年と推計され、施工地によって多少住宅寿命に差が見られた。また、北欧産材の場合、工業化住宅の建設が始まってまだ40年程度であることからほとんどの工業化住宅が解体時期を迎えておらず、その住宅寿命はまだ不明である。ただし、工業化住宅の耐久性は一般的な木造軸組住宅と比較して高いと考えられ、その寿命も比較的長くなると推測される。

以上のように、秋田県産材と北欧産材の主要フローは、原産国、施工地、住宅生産システムなどによって様々な違いが見られることが分かった。

次に再資源化フローについて述べる。

秋田県産材に関しては、秋田県においては様々な再資源化手法が存在し、副産物の品質や種類に合わせて様々な再資源化が行われている。また、秋田県における再資源化フローは主に生産段階で発生する副産物（製材端材など）のフローであり、解体材は解体件数が少なく解体現場も分散しており予測不能であることからほとんどが最終処分されている。

首都圏に出荷された場合は、生産過程ではほとんど副産物は発生せず、再資源化フローは主に解体材のフローとなる。解体材はチップ化されてパーティクルボードにマテリアルリサイクルされるかバイオマス発電所の燃料としてサーマルリサイクルされることが一般

#### 4章 4-5 秋田県産材と北欧産材の資源循環フローの比較

---

的である。基本的には、分別の手間をかけて製造した品質のよいチップがマテリアルリサイクル、その他のチップがサーマルリサイクルされるが近年はバイオマス発電所の急増により燃料チップの需要が増しており、サーマルリサイクルに投入される量が増加している。その一方で、築 100 年程度の古民家の解体材が「古材」として古材バンク業者を介してリユースされることも見られるようになってきた。

北欧産材に関しては、再資源化フローは北欧と日本で 2 つに分かれている。北欧においては、再資源化フローは主に生産段階の副産物のフローであり、再資源化手法は製紙原料としてマテリアルリサイクル、あるいはバイオマス発電燃料としてサーマルリサイクルの 2 通りに限られている。再資源化フローの関連主体の数も少なく、再資源化フローは非常に単純である。

一方、日本における再資源化フローは、基本的には秋田県産材の再資源化フローと同じであるが、M社の再生建材の例のような工場生産の多い住宅メーカーの強みを生かした取り組みも見られた。また、解体材の発生量は現在は少ないが今後増えていくと予想され、接着剤や接合金物の付着した解体材の再資源化は困難であり、再資源化のレベルが低下しやすくなると予測される。

以上のように、再資源化フローは、再資源化の行われる副産物の発生地点と、その地域にある再資源化設備、再資源化製品の需要によって違いが見られることが分かった。

## 5 章 建築用木材のライフサイクルの把握と LCA

---

- 5-1 LCA の意義と算定方法
- 5-2 生産段階における CO<sub>2</sub> 排出量計算
- 5-3 再資源化段階における CO<sub>2</sub> 排出量計算
- 5-4 ライフサイクル全体における分析

### 5章 建築用木材のライフサイクルの把握と LCA

2章の2-6で述べたように、建築用木材のライフサイクルは、「生産段階」、「使用段階」、「再資源化段階」の3段階で捉えることができる。

本章では、3,4章にまとめた現地調査のうち、さらに詳しいLCA調査に御協力をいただいた4事例を主な対象として、LCA（ライフサイクル分析）を行う。LCCO<sub>2</sub>計算においては、可能な限り聞き取り調査の結果をもとに行うものとするが、一部必要なデータが得られなかった部分に関しては、文献値や妥当と思われる仮定値を適用した。生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算事例について5-2で、再資源化段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算事例について5-3でそれぞれ述べる。なお、本研究では建築用木材に着目してLCAを行うため、木造住宅の使用段階においてはCO<sub>2</sub>の排出はないものとする。

そして、5-4において各段階のCO<sub>2</sub>排出量計算結果をもとに、「生産段階」、「使用段階」、「再資源化段階」の各段階についてシナリオを設定し、建築用木材のライフサイクルのモデル化を行う。モデル化を行う目的は、多様な建築用木材のライフサイクルを3段階のシナリオの組み合わせによって可能な限り表現することである。すなわち、環境負荷の小さな生産プロセスを経て、住宅資材として長期間使用され、さらに多段階にわたる再資源化が行われるといった最も理想的な状態から、環境負荷の高い生産プロセスを経て、短期間使用され、即最終処分されるといった望ましくない状態までを考慮することを目的としている。

## 5-1 LCAの意義と算定方法

本章では、LCA（ライフサイクルアセスメント）の考え方をを用いて、建築用木材の環境性能評価を行う。

LCAは、ある製品の機能あるいはサービスを享受するにあたって生じる環境負荷や環境影響を定量的に分析・評価する手法である。例えば製品の場合は、原材料の採取から製品の製造、使用、廃棄（リサイクルを含む）にいたるまで、製品の全生涯（ライフサイクル）にわたって、消費される資源や排出される汚染物質など（環境負荷）を計算し、その環境影響について分析・評価を行う。

このような考え方をを用いた最初の研究は、1969年にコカ・コーラ社の委託により、米国のミッドウエスト研究所によって飲料容器を対象に行われた。当時米国では、飲料容器の散乱防止対策及びリサイクルの促進が大きな社会的課題となっており、特に使い捨て飲料容器に対する批判が高まっていた。コカ・コーラ社は自社オリジナルのリターナブルびんを対象として研究を依頼したのである。欧州においても容器包装（とくに飲料容器）の問題、すなわちごみ問題がLCA研究の出発点となっており、日本においても、主としてごみ問題への対応から研究がスタートした。

現在は、ごみ問題のみにとどまらず、様々な工業製品やサービスの製造時環境負荷の評価や、政策の効果評価など様々な対象・評価方法をとっている。建築分野においても、建築分野全体を対象にCO<sub>2</sub>排出量削減目標値を定めるために使用されたり、異なる建築資材間で同一の建築物を建てる場合のCO<sub>2</sub>排出量を比較するために使用されたり、と様々な目的でLCAが行われている。

LCAは図5-1-1に示すように4つの要素から構成される。

### (1) 目的と評価範囲の設定

LCA実施者の意図する用途に整合するよう、目的と評価範囲を明確に設定する。

### (2) インベントリー分析

(1)で設定した製品の機能やサービスを享受するために消費される資源や排出される汚染物質などについて計算を行い、その目録（インベントリー）を作成する。

### (3) インパクト評価

(2)で作成したインベントリーから、潜在的な環境への影響（インパクト）を評価する。

### (4) 結果の解釈

(1)で設定した目的や評価範囲に照らして、インベントリー分析やインパクト評価の結果を解釈する。

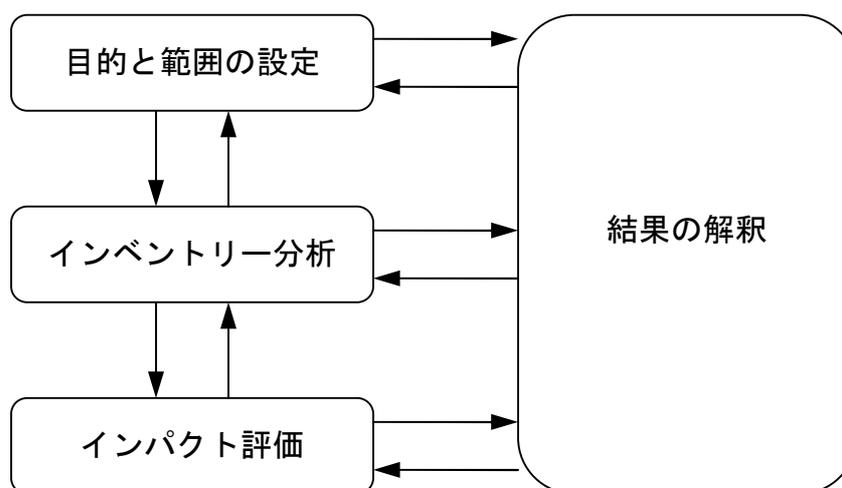


図 5-1-1 LCA の構成要素

以下に、5-2 において行った LCA の内容をまとめる。LCA においては、上記(1)～(4)までの全ての手順を行うことが望ましいが、(3)のインパクト評価に関しては様々な手法が提示されていること、正確なインパクト評価を行うためにはできる限り多くの環境影響項目（CO<sub>2</sub>,CH<sub>4</sub>,SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub> など）について (2) のインベントリー分析を行うことが必要となることなどから、今回は(3)のインパクト評価は行っていない。(4)の結果の解釈については 5-3 のシナリオ設定を踏まえて、5-4 において行った。

#### <目的と評価範囲の設定>

一般的に、LCA の結果は、同一の機能やサービスを持つ製品同士間の比較や、製品やサービスの改善点の抽出・改善効果の検討などに利用することができる。

今回の LCA においては、5-4 において「木造住宅の構造部材という、ほぼ同一の機能をもつ製品同士の環境影響度の比較」および、「製品のライフサイクル全体にわたる環境負荷の大小を決める要因の見極め」を行うことを目的とする。

評価範囲の設定に関しては、「機能単位」と「システム境界」の設定が非常に重要である。

「機能単位」とは、対象とする製品の機能やサービスの単位である。今回は「木造住宅の構造部材」を機能単位とした。

「システム境界」とは、対象とするサービスやシステムの境界である。今回は、「木材の伐採から木造住宅の施工、使用、解体、再資源化、最終処分」までをシステム境界とする。よって、ここで定めたシステム境界は木造住宅のライフサイクルではなく、建築用木材から派生する全ての木質製品（リサイクル製品も含める）のライフサイクルであることに注意が必要である。また、製材品を始めとする木質製品の製造には、その製品そのものを製造することによって発生する環境負荷と、その製品を製造するためのプラントの建設や各種製造機械の製造によって発生する環境負荷がある。今回は、後者の「資本財生産に関わる環境負荷」については考慮していない。

#### <インベントリー分析>

設定した機能単位とシステム境界において、製品やサービスのライフサイクルを通して投入される資源や排出される廃棄物について計算を行うのがインベントリー分析である。今回の LCA では、建築用木材のライフサイクルを木造住宅を中心としていくつかのシナリオ別に俯瞰的に把握すること、および各シナリオ間の比較に重点をおいているため、簡便のためにインベントリー分析の評価軸は CO<sub>2</sub>排出量のみとした。

インベントリ分析の第一段階は、プロセスツリーの作成である。このプロセスツリーは、設定したシステム境界内における全プロセスを樹形図（ツリー）状に描いたものである。プロセスツリーを作成し、LCAのシステム範囲を明確にした後、このプロセスツリーに描かれたプロセス全てについて、その各プロセスにおける物質収支（今回はCO<sub>2</sub>排出量）を計算する。この計算方式には、以下にあげる2つの方法がある。

① 積み上げ法

② 産業連関法

各プロセスにおけるインベントリデータ（物質収支に関するデータ）を収集し、一つ一つのプロセスごとの計算結果を合算する方法が①積み上げ法である。

一方、すでに存在する産業連関表（総務省）を応用してこの計算を行うのが②産業連関法である。産業連関表は、日本国内の各産業間の相互関係を取引された金額で表現した表で、この表を用いれば、ある産業から製品やサービスを購入した際に、波及的に起こる生産を金額ベースで計算することができ、この金額を環境負荷に変換することができる。

積み上げ法では、個々のプロセスにおける環境負荷を調査して積み上げることから、詳細なプロセス分析が可能な反面、建築物のように多様な資材を用いる製品では、データ収集が現実的に困難である。一方、産業連関法は、産業連関表を基礎データとして利用することから、分析の精度あるいは確度は落ちるものの、包括的な分析が可能であり、これまで土木構造物・建築物の分析で汎用されてきた。今回のLCAにおいては、数ある建築資材の中でも「建築用木材」というひとつの材料に注目して、「建築用木材」という同じ分類の中でも生産体制や建築構法など異なる事例を抽出して、各事例間の差異を分析することに重点をおいている。そのため、可能な限りLCAは「積み上げ法」によるものとし、インベントリデータが不明な場合などやむをえない場合に限り「産業連関法」を併用することとする。

## 5章 5-1 LCAの意義と算定方法

具体的な算定方法については、環境省地球環境局による「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」(平成15年発表、平成17年7月一部改定)(参考文献\*1とする)を参考にする。

LCAの対象とするのは、対象事業者からの[1]直接排出及び、[2]電気・熱の使用に伴う間接排出とする。

[1]の直接排出とは、事業者が所有または経営支配下においている施設・設備から発生した温室効果ガスの排出の事を指す。具体的には、工場などにおける化石燃料の燃焼による排出、生産プロセスにおける排出、事業者が使用する自動車からの排出などが該当する。



図 5-1-2 直接排出の例<sup>72</sup>

[2]の電気・熱の使用に伴う間接排出とは、事業者が他者から供給された電気・熱を使用したときに、その電気・熱を作るに当たって電気事業者あるいは熱事業者が所有または経営支配下においている施設・設備から発生する温室効果ガスの排出のことを言う。

間接排出にはこのほか、需要発生者としての間接排出、製品などの供給による間接排出などがあるが、電気・熱の使用に伴う間接排出を特に取り上げる理由としては、電気・熱のエネルギーがほぼ全ての事業者によって使用されており、かつ、多くの事業者にとって、温室効果ガスを削減するよい機会となっているからである。

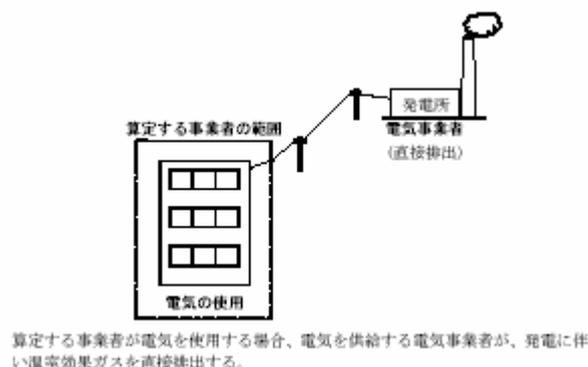


図 5-1-3 電気・熱の使用に伴う間接排出の例<sup>73</sup>

<sup>72</sup> 「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」(平成15年発表、平成17年7月一部改定)、環境省地球環境局、2005年 より引用

<sup>73</sup> 同上

排出量算定式を以下に示す。

### [1]直接排出

石炭、ガソリン、重油などの化石燃料ごとの燃料としての使用量に、単位発熱量及び排出係数を乗じて合算する。

燃料ごとの排出量の算定式は以下の通りである。

$$\text{算定式 A : 排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \text{燃料使用量 (kg, l, Nm}^3\text{)} \times \text{単位発熱量 (MJ/(kg, l, Nm}^3\text{))} \\ \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)}$$

各燃料の単位発熱量及び排出係数は、表 5-1-1 にまとめた既定値を用いる。ここで、発熱量には高位発熱量を用いる。

表 5-1-1 一般的な燃料の種類と単位発熱量・排出係数

No.	燃料の種類	単位	単位発熱量	排出係数
1	一般炭（輸入炭）	kg	26.6MJ/kg	0.0906kg-CO <sub>2</sub> /MJ
2	ガソリン	l	34.6MJ/l	0.0671kg-CO <sub>2</sub> /MJ
3	灯油	l	36.7MJ/l	0.0679kg-CO <sub>2</sub> /MJ
4	軽油	l	38.2MJ/l	0.0687kg-CO <sub>2</sub> /MJ
5	A重油	l	39.1MJ/l	0.0693kg-CO <sub>2</sub> /MJ
6	C重油	l	41.7MJ/l	0.0716kg-CO <sub>2</sub> /MJ
7	液化石油ガス (LPG)	Kg	50.2MJ/kg	0.0598kg-CO <sub>2</sub> /MJ
8	都市ガス	Nm <sup>3</sup>	41.1MJ/Nm <sup>3</sup>	0.0513kg-CO <sub>2</sub> /MJ

工場内で使用された燃料量などは、燃料の種類ごとに燃料供給者の請求書、納品書や事業者による使用記録又は購入記録などにより把握が比較的簡単である。

一方、把握が困難なのが自動車燃料の消費量である。平成18年経済産業省告示66号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」（参考文献\*2とする）によれば、輸送事業者の輸送にかかる排出量の使用量の算定には、「燃料法」、「燃費法」、「トンキロ法」の3つの方法がある。

#### ・「燃料法」

「燃料法」は、輸送に使用した燃料量が把握できる場合に、算定式 A を用いて排出量を求める方法である。ただし、複数の荷主の貨物を混載して輸送する場合は、対象とする貨物（今回は原料となる原木や、製材品）の全貨物に占める割合（重量ベースが望ましい）及び、全輸送距離に占める対象貨物の輸送距離の割合を求め、按分する必要がある。

## 5章 5-1 LCA の意義と算定方法

自動車燃料の消費量が直接把握できない場合は、代替手段として、「燃費法」、「トンキロ法」を用いることができる。

### ・「燃費法」

「燃費法」は、予め定められた個々の輸送機関の燃費による燃料消費量を算出し、単位発熱量を乗じ、さらに排出係数を乗じて排出量を求める方法である。よって、算定のために必要となるデータは輸送距離のみとなる。ただし、「燃料法」の場合と同様に、混載の場合など適時按分を行う必要はある。

輸送機関ごとの排出量の算定式は以下の通りである。

$$\text{算定式 B : 排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \{\text{輸送距離 (km) / 燃費 (km/l)}\} \times \text{単位発熱量 (MJ/l)} \\ \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)}$$

各輸送機関の燃費は、次ページの表 5-1-2 の「燃費」列にまとめた既定値を用いる。また、各燃料の単位発熱量、排出係数は表 5-1-1 の値を用いる。

### ・「トンキロ法」

「トンキロ法」は、輸送機関の最大積載量と積載率からトンキロ当りの燃料消費量を算出し、それに貨物輸送量（トンキロ）を乗じて燃料消費量を求める。

混載貨物でも把握可能であり、車両の大型化や積載率向上がトンキロ当りの燃料消費量に反映できる点が特徴である。

輸送機関ごとの排出量の算定式は以下の通りである。

$$\text{算定式 C : 排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \{\text{輸送貨物の重量 (t)} \times \text{輸送距離 (km)} \times \text{貨物輸送量あたりの燃} \\ \text{料使用量 (l/トンキロ)}\} \times \text{単位発熱量 (MJ/l)} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)}$$

各輸送機関の貨物輸送量あたりの燃料使用量は、次ページの表 5-1-2 の「貨物輸送量あたりの燃料使用量」列にまとめた既定値を用いる。また、各燃料の単位発熱量、排出係数は表 5-1-1 の値を用いる。

表 5-1-2 輸送機関の燃費

輸送の区分			燃費 (km/ℓ) (算定式 B に使用)	貨物輸送量あたりの 燃料使用量 (ℓ/ト ンキロ) (算定式 C に使用)
	使用する 燃料	最大積載量		
事業用貨物 自動車	ガソリン	軽自動車	9.33	0.741
		2t 未満	6.57	0.472
		2t 以上	4.96	0.192
	軽油	1t 未満	9.32	0.592
		1t 以上 2t 未満	6.19	0.255
		2t 以上 4t 未満	4.58	0.124
		4t 以上 6t 未満	3.79	0.0844
		6t 以上 8t 未満	3.38	0.0677
		8t 以上 10t 未満	3.09	0.0575
		10t 以上 12t 未満	2.89	0.0504
		12t 以上 17t 未満	2.62	0.0421
自家用貨物 自動車	ガソリン	軽自動車	10.3	2.74
		2t 未満	7.15	1.39
		2t 以上	5.25	0.394
	軽油	1t 未満	11.9	1.67
		1t 以上 2t 未満	7.34	0.530
		2t 以上 4t 未満	4.94	0.172
		4t 以上 6t 未満	3.96	0.102
		6t 以上 8t 未満	3.53	0.0820
		8t 以上 10t 未満	3.23	0.0696
		10t 以上 12t 未満	3.02	0.0610
		12t 以上 17t 未満	2.74	0.0509

## 5章 5-1 LCA の意義と算定方法

### [2]間接排出

#### ・電力供給事業者から供給された電気の使用

対象事業者に供給された電気の使用量(kWh)を電力供給事業者ごとに把握し、排出係数を乗じて合算する。なお、事業者自ら発電した場合の電気使用量については、発電に用いた燃料の使用量に基づき、[1]の直接排出で算定されるため、[2]では計算の対象外とできる。電力使用量は、電力会社との請求書などから容易に把握することができる。

算定式は以下の通りである。

$$\text{算定式 D : 排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \text{電気使用量 (kWh)} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/kWh)}$$

排出係数については、平成 19 年 9 月 27 日付けの環境省の報道発表「平成 18 年度の電気事業者別排出係数の公表について」(参考文献\*3 とする)を参考する。表 5-1-3 に電気供給事業者別の排出係数の一覧を示す。各電気供給事業者間で排出係数に差が出る原因は、各事業者で発電方式や発電燃料の比率が異なること、電力の輸送距離が異なることなどがあげられる。

表 5-1-3 電力供給事業者別排出係数

事業社名	排出係数 (kg-CO <sub>2</sub> /kWh)
北海道電力(株)	0.479
東北電力(株)	0.441
東京電力(株)	0.339
中部電力(株)	0.481
北陸電力(株)	0.457
関西電力(株)	0.338
四国電力(株)	0.368
九州電力(株)	0.375
イーレックス(株)	0.429
エネサーブ(株)	0.423
(株)エネット	0.441
GTF グリーンパワー(株)	0.289
ダイヤモンドパワー(株)	0.432
(株)ファーストエスコ	0.292
丸紅(株)	0.507

・熱供給事業者から供給された熱の使用

熱供給事業者から供給された熱の使用量(MJ)に排出係数を乗じて合算する。なお、対象事業者自らが発生させた熱の使用量は、[1]に含まれるため計算の対象外となる。

算定式は以下の通りである。

$$\text{算定式 E : 排出量 (kg-CO}_2\text{)} = \text{熱使用量 (MJ)} \times \text{排出係数 (kg-CO}_2\text{/MJ)}$$

排出係数については、可能な限り各熱供給事業者から提出された排出係数を把握することが望ましいが、熱供給事業者からの排出係数の提供を受けられない場合には、 $0.067\text{kg-CO}_2\text{/MJ}$ の排出係数を用いる。

## 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

生産段階においては、秋田県のS協同組合、T製材工場および、プレファブ住宅メーカーM社、S社の御協力をいただき、LCA調査を行うことができた。さらに、既往研究\*174にて行われた秋田県の地産地消型住宅に関するLCA調査を参考とし、「事例A 地産地消型（秋田県内）」、「事例J 一般流通型（秋田県～首都圏）」、「事例M,S 輸入型（北欧～首都圏）」の3つのタイプ（輸入型は2社の事例があるため計4事例）についてCO<sub>2</sub>排出量を計算した。

ここで、全4事例に共通する計算方法について述べておく。

- ・ 生産段階を①伐採段階、②輸送ア段階、③製材加工段階、④輸送イ段階、⑤再加工段階、⑥輸送ウ段階、⑦施工段階、の7つの小段階に分割する。なお、輸送アは伐採現場から製材工場までの輸送、輸送イは製材工場から再加工工場までの輸送、輸送ウは再加工工場から施工現場までの輸送とする。
- ・ 機能単位は木造住宅に使用される構造材1m<sup>3</sup>とする。よって、木造軸組構法のA、Jでは秋田県で生産される製材品、木質パネル構法の事例M、Sでは北欧で生産されるパネル芯材を対象とする。「機能単位」という厳密な意味からは、パネル構法の場合パネル芯材のほかに面材として合板も対象とすべきであるが、今回は合板の生産工程に関しては調査ができなかったため対象外とする。
- ・ 事例Sの北欧での一部の輸送を除き、陸上輸送は全てトラックによる。帰りの利用状況について調査ができなかった事例もあったため今回は往路のみのCO<sub>2</sub>排出量を計算する。
- ・ 聞き取り調査でトラックのトン数を明らかにできなかった場合は、輸送アは10tトラック、輸送イ、輸送ウは4tトラックを使用したものとする。
- ・ 輸送回数が聞き取り調査により明らかになっている場合は「燃費法」、得られなかった場合は「トンキロ法」によって輸送によるCO<sub>2</sub>排出量を計算する。
- ・ トンキロ法で必要となる木材の比重については、スギの全乾比重を0.33として、丸太を含水率100%の0.66(1m<sup>3</sup>=0.66t)、乾燥製材を含水率15%の0.38m<sup>3</sup>(1m<sup>3</sup>=0.38t)とする。M社、S社でパネル芯材の原料としているホワイトウッドについても比重はスギと同じとする。
- ・ 施工段階は、棟上時までとする。

以上のような計算方法により、CO<sub>2</sub>排出量の計算を行った。以下、順に結果を示す。

---

<sup>74</sup>既往研究\*1：秋田県立大学システム科学技術部環境システム学科卒業論文「秋田杉を用いた地域生産型住宅の資源・環境に関する考察」（2008,藤原）

## (1) 事例 A 秋田県地産地消型

事例 A として、秋田県内の森林から伐採された原木を秋田県内の製材所で製材し、同じく秋田県内に個人住宅（セカンドハウス）を施工した事例を挙げる。なお、この事例については、既往研究\*1 のデータを引用している。

この事例では、設計を担当した地元の設計士の方が中心となり、積極的に地元（町内）で生産された製材・石材を使用し、また施工も地元出身の大工により行われた。構法は伝統軸組構法で、240cm 角や 180cm 角の太い柱が使用されている。また、継ぎ手加工は高級な大工仕事とされる追っ掛け大栓継などが見られ、仕口にはほぞ差が見られるなど、極力接合金物を用いずに建物が構成されている。主要構造部材はほとんどが秋田県北（能代市・北秋田市・大館市地域）の森林から伐採された秋田杉が使用され、棟木にもスギ丸太が使用されている。主要な梁も側面のみ製材された太鼓材が使用されており、原木をできる限り無駄なく活用することが試みられている。さらに、床や壁の仕上げ材に関しても、落とし込み板壁で壁を構成したり、床材にも木材を使用するなどスギ材を積極的に各所に使用している。

こうした構法上の取り組みによって、N 邸での木材使用量は 1 m<sup>2</sup>あたり 0.386 m<sup>3</sup>となっており、一般的な軸組構法での木材使用量 0.191 m<sup>3</sup>の 2 倍以上の値となっている。決して木材産地の強みを生かしてむやみに木材を使用したわけではなく、一般的な軸組構法で金具やボード材が使用される箇所に丁寧に木材を使用していけば、このような高い木材使用率になるということは大きな発見である。以下に、N 邸と同じように伝統構法を採用した秋田県内の公共施設の写真を参考に示す。



太鼓材の梁、ほぞ差



落としこみ板壁

N 邸の施工までのプロセスを図 5-2-1 に、各関連業者の位置関係及びおおよその距離を図 5-2-2 に示す。また、フロー内の各段階ごとに LCA 計算のもととなったインベントリデータの内容および取得方法、計算に使用した原単位や文献を表 5-2-1 に示す。

N 邸で使用された製材は、秋田県北地域の森林を管理する O 森林組合によって伐採された原木から生産された。原木は O 森林組合の製材工場において構造材・造作材・外壁材などに製材され、O 森林組合の職員によって能代市の K 工務所の下小屋に輸送された。K 工務所において、20 日間ほどかけて各部材の継ぎ手・仕口、ダボ穴などを手刻みで加工した。加工された製材は、K 工務所の職員によって能代市内の施工現場に輸送された。ただし、施工を担当した大工も地元に住んでおり、大工の通勤の際に部材の輸送を行うこともあった。施工は、K 工務所の社長、他 3 名の大工、計 4 名によって行われ、建て方開始から屋根下地工事までは約 10 日間であった。一般的な在来工法と比較して施工期間が長くなっているのは、接合金物を極力使用しない構法を採用したためである。

5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

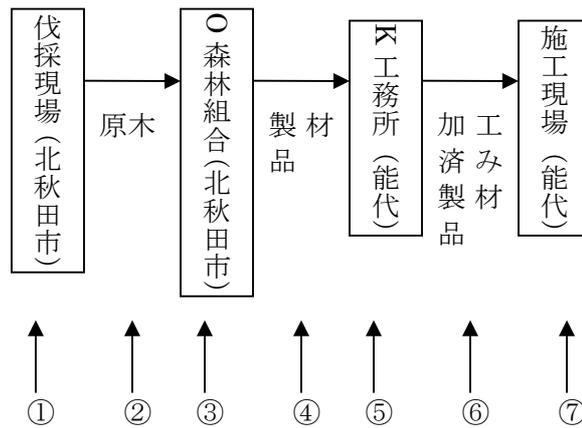


図 5-2-1 事例 A におけるフロー

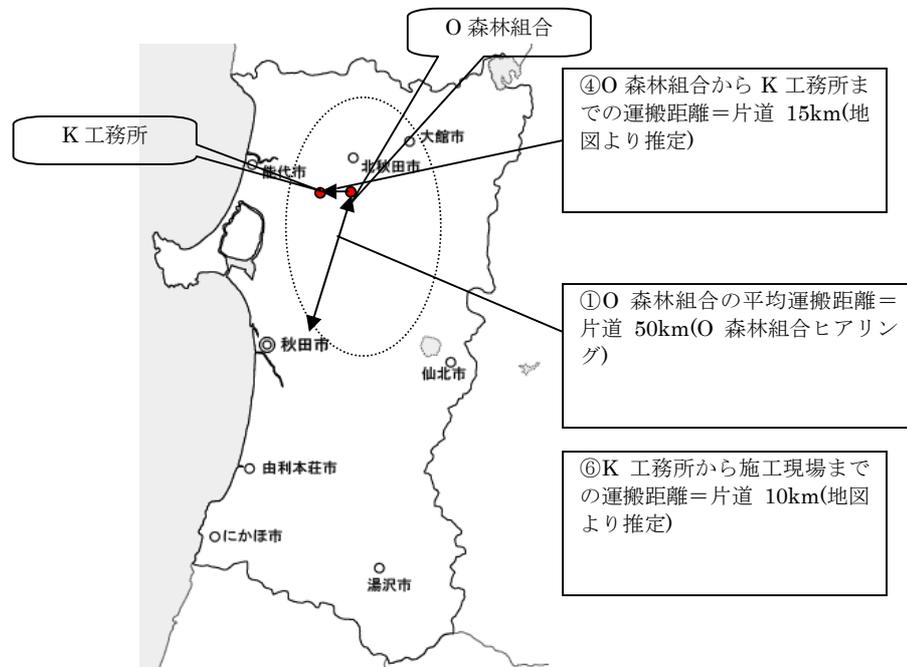


図 5-2-2 事例 A における関係業者の位置関係(丸数字に関しては表 5-2-1 を参照)

表 5-2-1 事例 A におけるインベントリデータと使用原単位

段階	関係業者	業務内容	インベントリデータ	取得方法	使用原単位
①	O 森林組合	原木伐採	—	既往研究*1	
②	O 森林組合	輸送	輸送距離・輸送回数	既往研究*1	参考文献*2
③	O 森林組合	製材加工	使用電力量・使用燃料量	既往研究*1	
④	O 森林組合	製材品輸送	輸送距離・輸送回数	既往研究*1	参考文献*2
⑤	K 工務所	手刻み加工	—	既往研究*1	
⑥	K 工務所	製材品輸送	輸送距離・輸送回数	既往研究*1	参考文献*2
⑦	施工業者	施工	—	既往研究*1	

注)・参考文献\*2：平成 18 年経済産業省告示 66 号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」、経済産業省、2006 年

・既往研究\*1：秋田県立大学システム科学技術部環境システム学科卒業論文「秋田杉を用いた地域生産型住宅の資源・環境に関する考察」、藤原奨、2008 年

### 【計算結果】

#### ①伐採による CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 では、秋田県内のある素材生産業者に対して、高性能林業機械などの使用重機の種類や燃料消費量、稼働時間と 1 時間あたりの素材生産量について聞き取り調査を行っている。そして、この調査を参考に、伐採にかかる CO<sub>2</sub>排出量を 22kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と試算している。ここでは、この値を採用する。

よって、伐採による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{22\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

#### ②伐採現場から O 森林組合の製材所までの輸送アによる CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 では、O 森林組合に対する聞き取り調査から、伐採現場から北秋田市の O 森林組合製材所までの輸送距離を 50km と仮定している。輸送する原木の材積は、N 邸に使用された木材総量 22.6 m<sup>3</sup>を、製材所における一般的な歩留まり 53% (0.53) で除して、43 m<sup>3</sup>とする。輸送は 10t トラックで、輸送回数は最低 7 回である。これを、4t トラック 1 台で輸送したとして、燃費法 (算定式 B) を用いて CO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表 5-1-2 を参考にする。

よって、伐採現場から O 森林組合の製材所までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、

$$\{(50 \times 7/2.89) \times 38.2 \times 0.0687\} \div 43 = 7.4 \div \boxed{7\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

#### ③ O 森林組合の製材所での製材加工による CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 では、O 森林組合の製材工場で行われた N 邸の部材製材作業のうち、とくにエネルギー消費量の大きな大割、人工乾燥、モルダーがけ、場内輸送の作業について、作業を行った木材量と使用燃料量を O 森林組合に対する聞き取り調査によって求めている。個々ではこの値を採用することとする。

よって、O 森林組合の製材所での製材加工による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{111\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

#### ④O 森林組合の製材所から K 工務店の製材所までの輸送イによる CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 では、O 森林組合の製材所から K 工務店までの距離を地図上の推定から 10km と仮定している。K 工務所では、継ぎ手・仕口部の刻み加工しか行っていないため、輸送された木材の材積はほぼ N 邸の使用木材材積 22.6 m<sup>3</sup>と等しいと考えられる。これを、4t トラックで、10 回輸送したと仮定している。なおこの仮定は K 工務所への聞き取り調査を踏まえたものである。燃費法 (算定式 B) を用いて CO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表 5-1-2 を参考にする。

## 5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

よって、O 森林組合の製材所から K 工務店の製材所までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\{10 \times 10/3.79\} \times 38.2 \times 0.0687 \div 22.6 = 3.3 \div \boxed{3\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

### ⑤ K 工務所における刻み加工(再加工)による CO<sub>2</sub>排出量

K 工務所においては、丸のこ・かんな盤・カクノミなどの工具を用いて、継ぎ手・仕口・ダボ穴の加工を 1 ヶ月間行った。これらの工具の稼働時間や使用燃料量を把握することは困難であるため、既往研究\*1 では K 工務所の 1 ヶ月の電気代から消費電力量を割り出し、CO<sub>2</sub>排出量を 8kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と求めている。ここではこの値を採用する。

よって、K 工務所における刻み加工による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{8\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

### ⑥ K 工務所から施工現場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 の中で K 工務所への聞き取り調査により、製材の現場までの運搬は、大工が 4t ユニック車で施工現場までの通勤の途中に K 工務所に立ち寄り、運搬することが多かったことが指摘されている。大工の通勤時の運搬以外には、K 工務所所有の軽トラック（燃料は軽油）で 7~8 回運搬した。大工の通勤時の運搬に関しては、建設機械等損量算定表のユニック車の CO<sub>2</sub>排出量を 6.6kg-CO<sub>2</sub>/時間の値を使用する。通勤時間は建て方～棟上までの 10 日間で 24 時間として計算する。K 工務所の軽トラックによる運搬については燃費法（算定式 B）を用いて CO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表 5-1-2 を参考にする。

よって、K 工務所から施工現場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\{6.6 \times 24 \times 38.2 \times 0.0687 + (20 \times 7/7.34) \times 38.2 \times 0.0687\} \div 22.6 = 20 \div \boxed{20\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

### ⑦ 施工による CO<sub>2</sub>排出量

既往研究\*1 では、K 工務所への聞き取り調査によって、施工期間中の建て方～棟上までの使用電力量を 387kWh、4t ユニック車のクレーンの使用時間から使用軽油量を 16.5ℓとし推定し、CO<sub>2</sub>排出量を 9kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と算出している。ここでは、この値を採用することとする。

よって、施工による CO<sub>2</sub>排出量は  $\boxed{9\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

以上より、事例 A の CO<sub>2</sub>排出量は合計  $\boxed{180\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$  となる。

## (2) 事例 J 一般流通型

事例 J として、秋田県内の森林から伐採された原木を秋田県内の製材所で製材し、首都圏のプレカット工場でプレカットを行い、首都圏内に軸組構法で個人住宅を施工する場合を取り上げる。事例 J に関しては、今回調査範囲が秋田県内の木材関連業者を中心に行っており、首都圏に出荷された以降のフローが具体的に不明であるため、ヒアリングを通して妥当と考えられる関係業者・流通を設定した仮想的なフローであることを断っておく。

この事例では、LCA 調査に協力していただいた S 協同組合をフローの中心として考えている。S 協同組合では、K 木材センターで開催される原木市場などで秋田スギ原木を購入し、主に 105 角、120 角の芯持ち角材を中心に製材を行っている。参考文献<sup>75</sup>から秋田県で製材された製材品のうち 4 割程度が首都圏に販売されることが分かっている。また、ヒアリングを行った他の製材工場においても、製品の半数は秋田県を含む東北 6 県で販売し、半数は首都圏に向けて出荷するとの回答が多かった。よって、ここで S 協同組合から首都圏に製材品を出荷すると仮定することは妥当であると考えられる。

また、全国木造住宅機械プレカット協会の発表によれば、2005 年度の木造軸組住宅におけるプレカット率は 79%と、依然として普及率が上昇しており、とくに都市部ではプレカット率は 90%を超えるのではないかとされている。よって、ここでは、S 協同組合から茨城県のプレカット工場に輸送し、プレカットを行うと仮定した。ここで、プレカット工場の立地として茨城県を選定したのは、参考文献<sup>76</sup>よりプレカット工場数が 30 と全国第 2 位であり、また大規模なプレカット工場（聞き取り調査を行った P プレカット工場も茨城県に立地している。）が多数立地しているためである。施工現場としては、着工数の多い東京都を選定し、プレカット工場から施工現場までの輸送距離を約 40km と設定した。

住宅の施工までのプロセスを図 5-2-3 に、各関連業者の位置関係及びおおよその距離を図 5-2-3,4 に示す。また、フロー内の各段階ごとに LCA 計算のもととなったインベントリデータの内容および取得方法、計算に使用した原単位や文献を表 5-2-2 に示す。

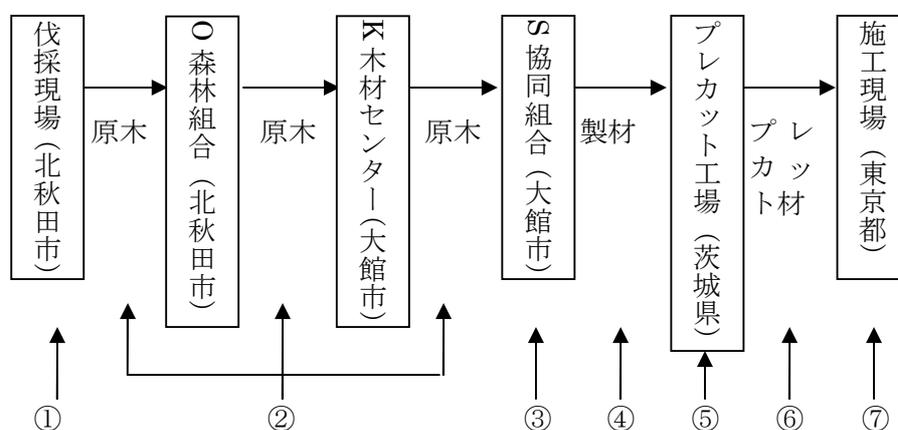


図 5-2-3 事例 J におけるフロー（丸数字に関しては表 5-2-2 を参照）

75: 「秋田県林業統計 平成 17 年」(2005, 秋田県農林水産部)

76: 「木材需給と木材工業の現況 (平成 15 年度版)」(2004, 財団法人 日本住宅・木材技術センター)

5章 5-2 生産段階における CO<sub>2</sub>排出量計算

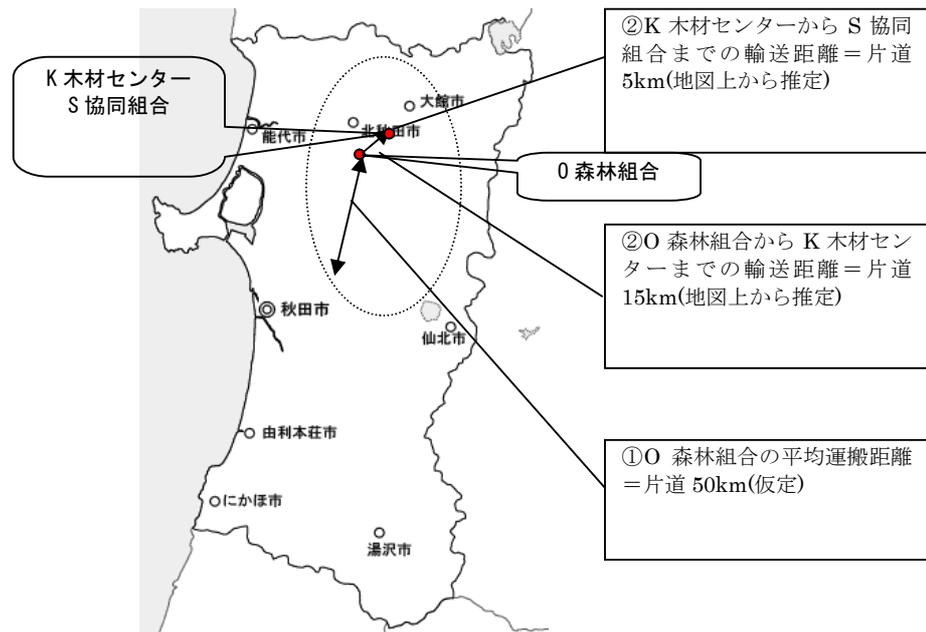


図 5-2-4 事例 J における関係業者の位置関係 (秋田県内)

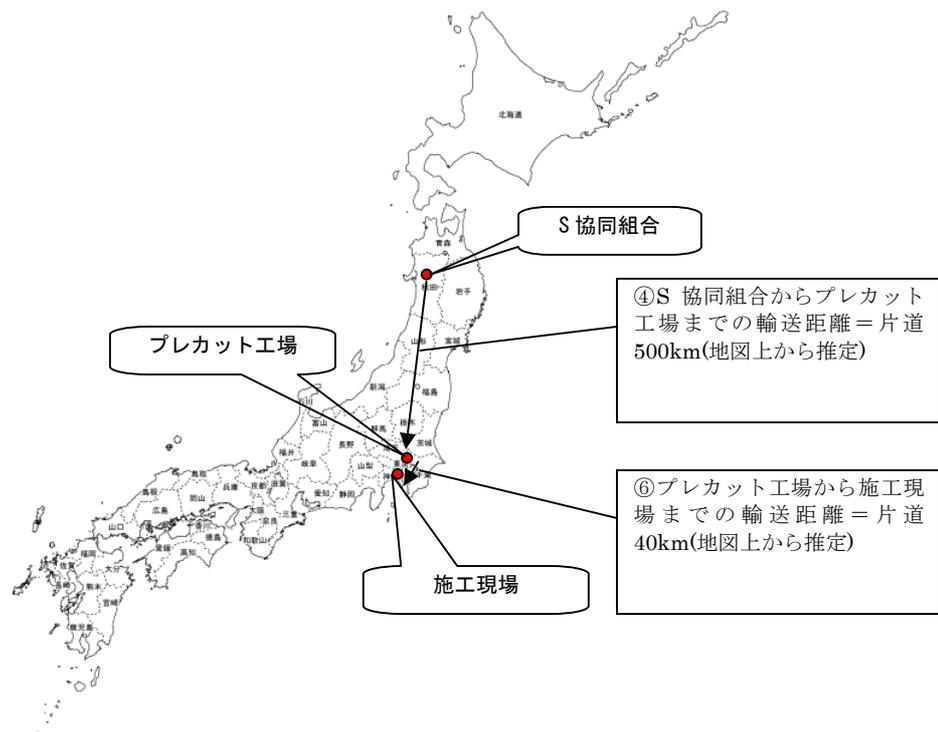


図 5-2-5 事例 J における関係業者の位置関係 (日本国内)

表 5-2-2 事例 J におけるインベントリデータと使用原単位

段階	関係業者	業務内容	インベントリデータ	取得方法	使用原単位
①	O 森林組合	伐採	—	既往研究*1	
②	O 森林組合・S 協同組合	輸送	輸送距離・輸送回数	地図上推定	参考文献*2
③	S 協同組合	製材加工	使用電力量・使用燃料量	現地調査	参考文献*1
④	輸送業者	輸送	輸送距離・輸送回数	地図上推定	参考文献*2
⑤	プレカット工場	プレカット	—	既往研究*2 のデータを同等とみなした	
⑥	輸送業者	輸送	輸送距離・輸送回数	地図上推定	参考文献*2
⑦	施工業者	施工	—	参考文献*3 のデータを使用	

注)・参考文献\*1:「事業者からの温室効果ガス排出算定方法ガイドライン」(2003年発表、平成2005年7月一部改訂)、環境省地球環境局、2005年  
 ・参考文献\*2:平成18年経済産業省告示66号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」、経済産業省、2006年  
 ・既往研究\*1:秋田県立大学システム科学技術部環境システム学科卒業論文「秋田杉を用いた地域生産型住宅の資源・環境に関する考察」、藤原奨、2008年  
 ・既往研究\*2:第2回日本LCA学会梗概「北海道における木造戸建て住宅のLCI分析—伐採から躯体工事までを例として—」、古俣寛隆、2007年  
 ・参考文献\*3:「完全リサイクル型住宅 未来開拓学術推進事業として(木造編)」(尾島俊雄監修、早稲田大学出版部)

### 【計算結果】

#### ①伐採によるCO<sub>2</sub>排出量

事例Aと同様に、既往研究\*1のデータを引用する。

よって、伐採にかかるCO<sub>2</sub>排出量は、 $22\text{kg}\cdot\text{CO}_2/\text{m}^3$

#### ②伐採現場からK木材センターを経て、S協同組合までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

事例Aと同様に、伐採現場から北秋田市のO森林組合製材所までの輸送距離を50kmと仮定する。さらに、O森林組合からK木材センターまでの輸送距離は、15km、K木材センターからS協同組合までの輸送距離は5kmと設定する。よって、輸送距離の合計は70kmとなる。

参考文献<sup>77</sup>より、木造軸組住宅の平均木材使用量(合板を除く)は、 $0.1775\text{ m}^3/\text{m}^2$ であり、さらに参考文献<sup>78</sup>\*7より、2006年の東京都の新築木造住宅の平均住宅面積は $112\text{ m}^2$ であるから想定している東京都に新築される軸組構法住宅の平均木材使用量は $19.8\text{ m}^3$ となる。輸送する原木の材積は、推定木材総量 $19.8\text{ m}^3$ を、S協同組合の歩留まり51%(0.51)で除して、 $39\text{ m}^3$ とする。また、原木の比重を0.66とする。これを、10tトラック1台で輸送したとして、トンキロ法(算定式C)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。

よって、伐採現場からO森林組合の製材所までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

77:「木造軸組工法住宅の木材使用量調査」(2000,財団法人 日本住宅・木材技術センター)

78:「住宅着工統計(平成18年度版)」(2006,国土交通省)

## 5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

$$0.66 \times 70 \times 0.0504 \times 38.2 \times 0.0687 = 6.1 \approx \boxed{6\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ③ S協同組合での製材加工によるCO<sub>2</sub>排出量

S協同組合の担当者の方へのヒアリング調査により、S協同組合の製材工場では年間9091 m<sup>3</sup>の製材品を生産し、電力917,510kWh（東北電力より供給）、灯油9,150ℓ、A重油232,000ℓ、軽油22,600ℓを消費していることが分かった。

よって、S協同組合での製材加工によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$(917,510 \times 0.441 + 9,150 \times 36.7 \times 0.0679 + 232,000 \times 39.1 \times 0.0693 + 22,600 \times 38.2 \times 0.0687) \div 9091 = 122.6 \approx \boxed{123\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ④ S協同組合からプレカット工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

S協同組合からプレカット工場までの距離を地図上の推定から500kmと仮定した。プレカット工場では、継ぎ手・仕口部の刻み加工しか行っていないため、輸送された木材の材積はほぼ住宅の使用木材材積19.8 m<sup>3</sup>と等しいと考えられる。S協同組合で製材した製品(比重0.38)を、4tトラックで輸送したとして、トンキロ法(算定式C)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。

よって、S協同組合からプレカット工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 500 \times 0.0504 \times 38.2 \times 0.0687 = 25.1 \approx \boxed{25\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑤ プレカット工場におけるプレカットによるCO<sub>2</sub>排出量

プレカット工場においては、大規模なプレカット機械設備で効率的にプレカットが行われている。プレカット工場に対してLCA調査を行うことはできなかったため、ここでは既往研究\*2のプレカット工程のCO<sub>2</sub>排出量計算結果2kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を引用する。また、参考文献<sup>79</sup>より、木造軸組住宅の平均木材使用量(合板を除く)は、0.1775 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>である。

よって、プレカット工場における刻み加工によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$2 \div 0.1775 = 11.2 = \boxed{11\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑥ プレカット工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

プレカット工場から施工現場までの距離を、約40kmと設定する。輸送は4t車によるものとする。トンキロ法(算定式C)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。

よって、プレカット工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 40 \times 0.0504 \times 38.2 \times 0.0687 = 2.0 \approx \boxed{2\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑦ 施工によるCO<sub>2</sub>排出量

参考文献\*3の施工によるCO<sub>2</sub>排出量7kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を参考とする。

よって、施工によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$\boxed{7\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

以上より、事例JのCO<sub>2</sub>排出量は合計  $\boxed{196\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$ となる。

<sup>79</sup>: 「木造軸組工法住宅の木材使用量調査」(2000, 財団法人 日本住宅・木材技術センター)

## (3)事例 M 輸入型（工業化住宅メーカーM社）

事例 M として、工業化住宅メーカーM社の木質パネル構法の住宅を、首都圏に施工する場合を取り上げる。M社は、日本国内に年1万棟以上の工業化住宅を建設している大手の工業化住宅メーカーである。軸組構法が柱・梁を基本とする軸組構造であるのに対して、M社の木質パネル構法では、製材で木枠をつくり、中に断熱材を充填し、平面に合板を打ちつけた木質パネルで構面を形成する。木質パネルの枠を作る芯材はフィンランドで伐採されたホワイトウッド（スプルース）を原料として、フィンランドの自社工場で製材され、コンテナ船によって日本に海上輸送される。日本の港についた後、M社の日本工場で、パネル化が行われる。製品の木質パネルは施工現場へ輸送され、M社と契約している施工業者によって施工される。軸組構法と比較して、部材がパネル化されているため、躯体の建て方が1~2日と非常に短期間で完了する。

住宅の施工までのプロセスを図5-2-6に、各関連業者の位置関係及びおおよその距離を図5-2-7、8、9に示す。また、フロー内の各段階でLCA計算のもととなったインベントリデータの内容および取得方法、計算に使用した原単位や文献を表5-2-3に示す。

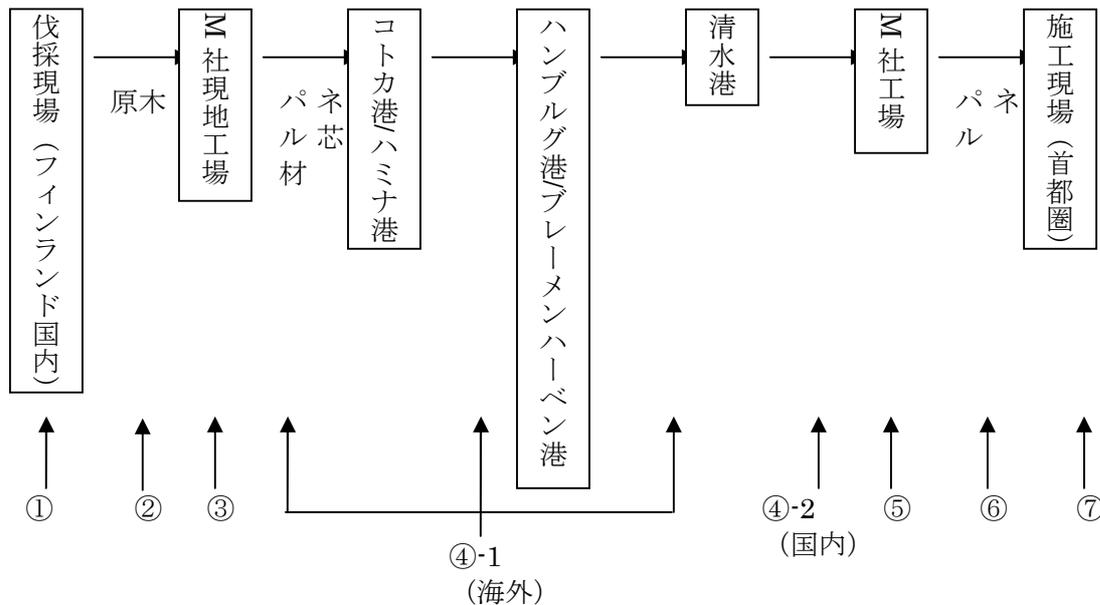


図 5-2-6 事例 M におけるフロー（丸数字に関しては表 5-2-3 を参照）

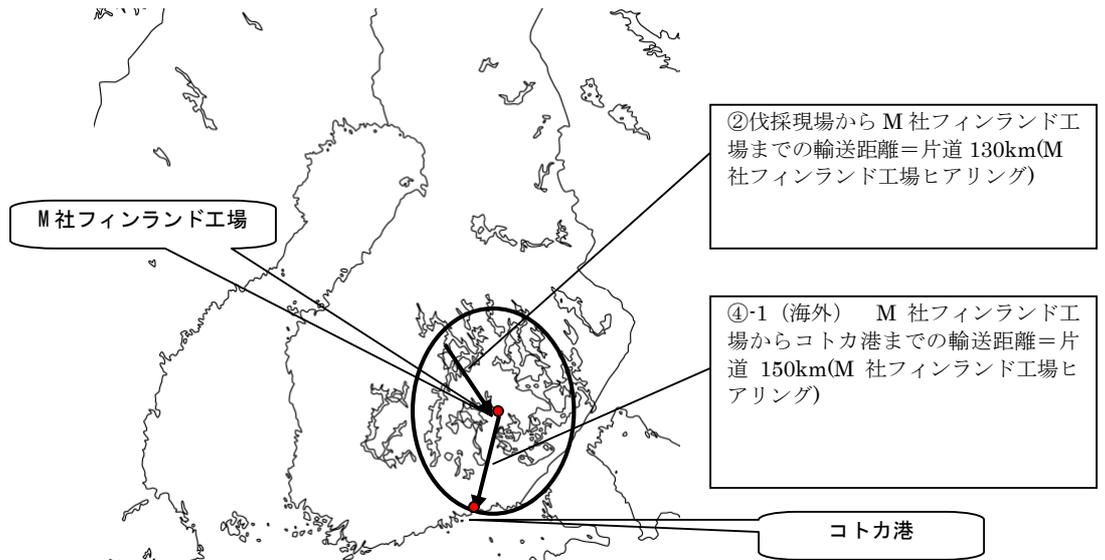


図 5-2-7 事例 M における関係業者の位置関係 (フィンランド国内)



図 5-2-8 事例 M における関係業者の位置関係 (フィンランド～日本間)



図 5-2-9 事例 M における関係業者の位置関係（日本国内）

表 5-2-3 事例 M におけるインベントリデータと使用原単位

段階	関係業者	業務内容	インベントリデータ	取得方法	使用原単位
①	Metsallito 社	伐採	使用燃料量・生産効率	ヒアリング (Metsallito 社)	参考文献*3
②	Metsallito 社	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング(M社フィンランド工場)	参考文献*3
③	M社フィンランド工場	製材加工	使用電力量・使用燃料量	ヒアリング(M社フィンランド工場)	ヒアリング(E電力会社)
④	輸送業者(国際)	輸送	輸送距離・輸送回数	ウッドマイルズ研究会 HP	参考文献*4
④	輸送業者(国内)	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング(M社パネル工場)	参考文献*2
⑤	M社パネル工場	パネル製造	使用電力量・使用燃料量	M社エコアクション21の値を同等とみなした	
⑥	輸送業者	輸送	輸送距離・輸送回数	地図上推定	参考文献*2
⑦	施工業者	施工	使用電力量・使用燃料量	M社エコアクション21の値を同等とみなした	

注)・参考文献\*2：平成 18 年経済産業省告示 66 号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」、経済産業省、2006 年

・参考文献\*3：COST Action E9 Working Report

・参考文献\*4：BSR(Business for Sociak Responsibility) HP

<http://www.bsr.org/index.cfm> (2008/01/27 確認)

### 【計算結果】

#### ① 伐採による CO<sub>2</sub>排出量

Metsallito 社ヒアリングより、伐倒・枝払い・玉切りまでを Timberjack1270 というハーベスターで、丸太の集積・トラックが入ることのできる道までの運搬を Valmet840.2 というローダーで行っていた。作業時間は 10 時間/日、生産量は 300 m<sup>3</sup>/日（そのうち MHF 用 200 m<sup>3</sup>、製紙用 100 m<sup>3</sup>）

COST Action E9 Working Group1 Report より、フィンランドにおける Timberjack1270 の燃料消費：0.73kg/m<sup>3</sup>、CO<sub>2</sub>排出原単位は 3455g-CO<sub>2</sub>/kg fuel である。また、ローダーの原単位は入手できなかったため、COST Report より Forwarder Timberjack810B の原単位、燃料消費：0.36kg/m<sup>3</sup>、CO<sub>2</sub>排出原単位は 3455g-CO<sub>2</sub>/kg fuel を当てはめることとする。(COST とは EU と周辺国からなる科学技術研究協力機構のことで 14 ある研究分野のうち頭文字 E が林学・林産学分野を担当している。頭文字 E の付く 17 の研究分野のうち E9 が森林・林産物の LCA を担当。)

よって、伐採にかかる CO<sub>2</sub>排出量は、 $(0.73+0.36) \times 3455 = 3766 \text{ g/m}^3 \doteq 4 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$

#### ② 伐採現場から M 社現地工場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

M社現地工場のヒアリングにより、伐採現場から M 社現地工場までの平均輸送距離は 130 km。また、COST Report よりフィンランド国内の原木運搬に関する燃料消費量原単位は、1.16kg fuel/m<sup>3</sup>・100km、CO<sub>2</sub>排出量原単位は 3.21kg-CO<sub>2</sub>/kg fuel である。

よって、伐採現場から M 社現地工場までの輸送によって発生する CO<sub>2</sub>排出量は、

$3.21 \times 1.16 \times 1.3 = 4.84 \doteq 5 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$

③ M社現地工場での製材加工によって発生するCO<sub>2</sub>量

M社現地工場の担当者に対するヒアリングにより、06年度の生産量あたりの電力消費量は70.91kWh/m<sup>3</sup>、乾燥用熱消費量は、0.207MWh/m<sup>3</sup>である。乾燥用熱は隣接するバイオマス発電所（ESE社）から供給されている。電力・乾燥用蒸気以外に工場内のフォークリフト用の燃料などがあり、この数値に関しては不明である。（電力・乾燥用熱と比較すればその影響は十分に小さいと考えられる）

ESE社のヒアリング及び同社のAnnual Reportより、M社現地工場が使用している電力及び乾燥用熱は、木質燃料と泥炭の混合燃料により製造されており（木質燃料のみであれば、カーボンニュートラルの原則により、CO<sub>2</sub>排出量は0とすることができる）、そのCO<sub>2</sub>排出原単位は06年度で172g-CO<sub>2</sub>/kWhである。ちなみに、フィンランドの国内電力のCO<sub>2</sub>排出原単位は306g-CO<sub>2</sub>/kWhであるから、ESE社の電力は発電量あたりのCO<sub>2</sub>排出量の少ない電力であるといえることができる。

よって、M社現地工場での製材加工によって発生するCO<sub>2</sub>排出量は、

$$172 \times (0.071 + 0.207) = 39.4 \div \boxed{39 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

④-1（海外） M社現地工場から清水港までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

M社現地工場のヒアリングにより、コトカ港・ハミナ港までの輸送はトラックにより、距離は150kmである。コトカ港・ハミナ港からブレーメン港・ハンブルグ港までは内航船で、ブレーメン港・ハンブルグ港から清水港まではコンテナ船で輸送する。内航船のCO<sub>2</sub>排出原単位が不明であるため、今回はコトカ港・ハミナ港から直接清水港まで輸送したものと仮定する。（全航路と比較すると、今回の仮定による航路変更が及ぼす影響は十分に小さいと考えられる。）

BSR(Businee for Social Responsibility,環境問題に取り組む企業団体組織)の国際海事機関のデータによれば、外航コンテナ船のCO<sub>2</sub>排出原単位は0.115kg-CO<sub>2</sub>/TEU・kmである。2TEU=1コンテナ=60m<sup>3</sup>である。

また、ウッドマイルズ研究会HPより欧州材の平均海上輸送距離（コトカ～東京）は22570kmである。今回はこの値を輸送距離として採用する。

よって、M社現地工場から清水港までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$1.5 \times 1.16 + 22570 \times 0.115 \times 2/60 = 88.2 \div \boxed{88 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

トラック輸送      コンテナ船輸送

④-2（国内） 清水港からM社工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

M社工場の担当者に対するヒアリングより、清水港からM社工場までの輸送距離は、約140km（片道）で、大型トラック（30m<sup>3</sup>積載）による。

12～17tトラックで輸送したとして、トンキロ法（算定式C）を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。製材の比重は0.38とする。

よって、清水港からM社パネル工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 140 \times 0.0421 \times 38.2 \times 0.0687 = 5.8 \div \boxed{6 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

よって④輸送イによるCO<sub>2</sub>排出量合計は、 $\boxed{94 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$ となる。

⑤M社工場内のパネル製造工程によるCO<sub>2</sub>排出量

M社のエコアクション21より、今回対象としたM社工場で使用される電力・燃料に由来するCO<sub>2</sub>排出量は年間1185×10<sup>3</sup>kg-CO<sub>2</sub>。対象工場で年間生産される木質パネルは年間1100棟分である。M社の平均的物件（135m<sup>2</sup>）でパネル用材は約10m<sup>3</sup>、合板も含めると約23m<sup>3</sup>使用されている。

よって、M社工場でのパネル製造工程によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$1185000 \div (1100 \times 23) = 46.8 \div \boxed{47 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

## 5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

---

### ⑥M 社工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

M 社担当者の方へのヒアリングにより、構造用パネルは現場までほぼ1度の輸送で運搬される。M 社工場から首都圏までの平均輸送距離を160kmとする。12～17tトラックで輸送したとして、トンキロ法(算定式C)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。製材の比重は0.38とする。

よって、M 社工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 160 \times 0.0421 \times 38.2 \times 0.0687 = 6.6 \div \boxed{7\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑦施工によるCO<sub>2</sub>排出量

今回のLCA計算では、施工段階を構造パネルの組立終了までとする。

エコアクション21によればM社の2006年度の施工年段階の平均CO<sub>2</sub>排出量は、978kg-CO<sub>2</sub>/棟である。

M 社担当者の方へのヒアリングにより、M社の平均施工日数は82日、そのうち構造用パネル組立までの工期は約16日である。建機の使用は組立工程以降はほとんどないと考えられるため、建機の稼働・移動にかかるCO<sub>2</sub>排出量=250kg-CO<sub>2</sub>は今回の施工段階CO<sub>2</sub>排出量に算入する。建機の稼働・移動以外の活動によるCO<sub>2</sub>排出量(人工の移動・電力使用など)=728kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>は、工程ごとに大きな違いはないと考えられるため、日数の比例計算で値を計算することとする。

よって、施工によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$\{250 + 728 \times 16/82\} \div 23 = 17.0 \div \boxed{17\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

以上より、事例MのCO<sub>2</sub>排出量は合計  $\boxed{213\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$  となる。

(4) 事例 S 工業化住宅メーカー S 社

事例 S として、工業化住宅メーカー S 社の木質パネル構法の住宅を、首都圏に施工する場合を取り上げる。S 社は、日本国内に年 6000 棟以上の工業化住宅を建設している大手の工業化住宅メーカーである。M 社と同様に、木質パネル構法であり、とくに北欧の厳しい寒さに耐えうる高い断熱性能が特徴である。

木質パネルの枠を作る芯材はスウェーデンで伐採されたスプルース（ホワイトウッド）を原料として、スウェーデンの大規模製材工場 B 社で製材される。芯材は隣接する S 社現地工場に輸送され、パネル化が行われる。パネルはコンテナ船によって日本に海上輸送される。日本の港についた後、S 社の日本工場では、主に仕分け・点検業務・一部プレカットが行われる。木質パネルは施工現場へ輸送され、施工業者によって施工される。在来構法と比較して、部材がパネル化されているため、躯体の建て方が 1~2 日と非常に短期間で完了する。

住宅の施工までのプロセスを図 5-2-10 に、各関連業者の位置関係及びおおよその距離を図 5-2-11,12,13 に示す。また、フロー内の各段階で LCA 計算のもととなったインベントリデータの内容および取得方法、計算に使用した原単位や文献を表 5-2-4 に示す。

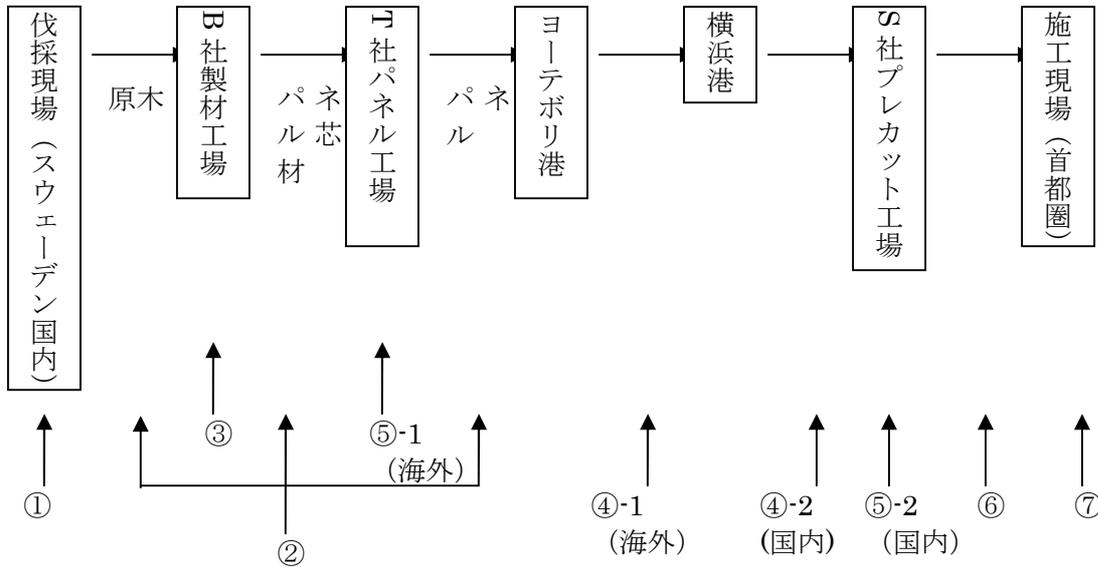


図 5-2-10 事例 S におけるフロー（丸数字に関しては表 5-2-4 を参照）

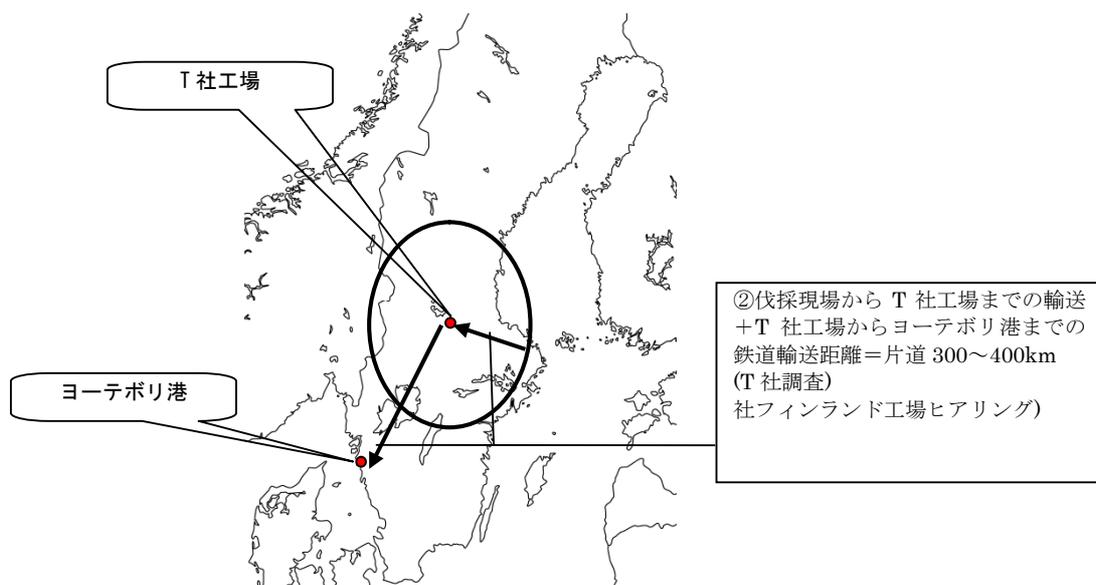


図 5-2-11 事例 S における関係業者の位置関係 (スウェーデン国内)



図 4-2-12 事例 S における関係業者の位置関係 (スウェーデン~日本間)

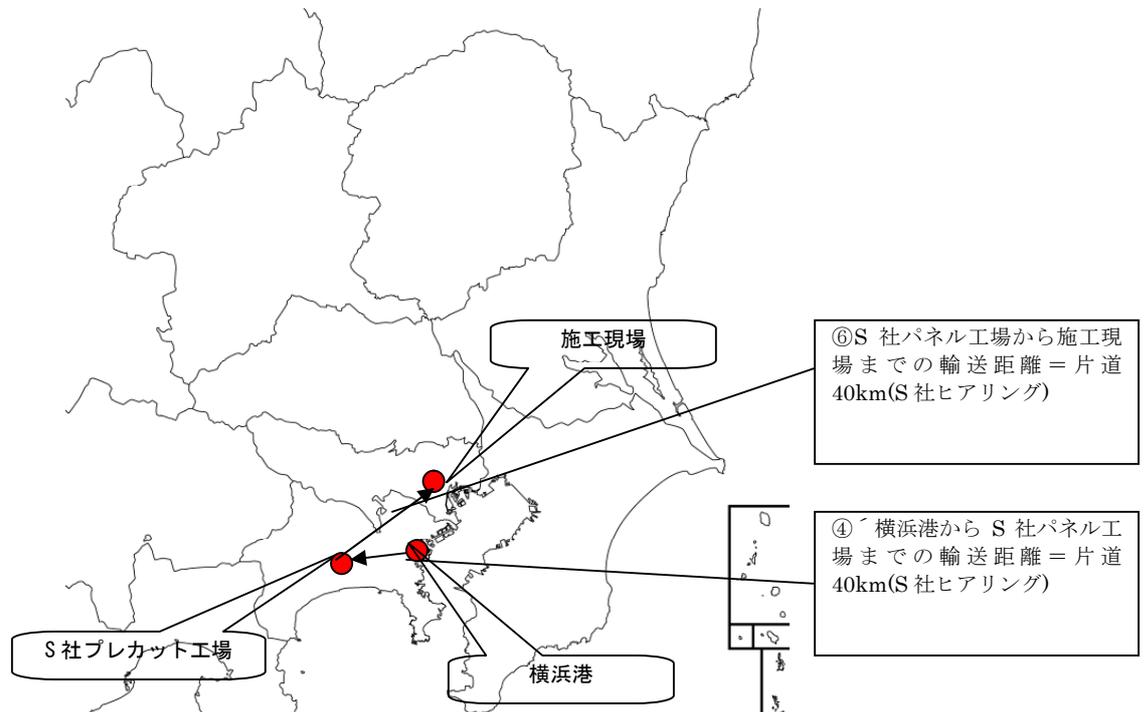


図 5-2-13 事例 S における関係業者の位置関係 (関東圏内)

5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

表 5-2-4 事例 S におけるインベントリデータと使用原単位

段階	関係業者	業務内容	インベントリデータ	取得方法	使用原単位
①	Weda 社	伐採	使用燃料量・生産効率	ヒアリング (Weda 社)	参考文献*3
②	輸送業者 (国内)	輸送	輸送距離・輸送回数	T 社の輸送に関する LCA レポートのデータを引用	
③	B 製材業者	製材加工	—	フィンランド M 社現地工場のデータと同等とみなした	
⑤	T 社パネル工場	パネル製造	使用電力量・使用燃料量	ヒアリング (T 社)	BUWAL250,EPA
④	輸送業者 (国際)	輸送	輸送距離・輸送回数	ウッドマイルズ研究会 HP	参考文献*4
④	輸送業者 (国内)	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング (S 社プレカット工場)	参考文献*2
⑤	S 社プレカット工場	パネル点検・一部プレカット	使用電力量・使用燃料量	ヒアリング (S 社プレカット工場)	参考文献*1
⑥	輸送業者	輸送	輸送距離・輸送回数	地図上推定	参考文献*2
⑦	施工業者	施工	使用電力量・使用燃料量	S 社環境報告書のデータを同等とみなした	

【計算結果】

① 伐採による CO<sub>2</sub>排出量

Weda 社ヒアリングより、伐倒・枝払い・玉切りまでを Timberjack1470D というハーベスターで、丸太の集積・トラックが入ることのできる道までの運搬を Valmet840.2 というローダーで行っていた。作業時間は 7 時間/日、生産量は 2000 本/日 (丸太換算)

COST Action E9 Working Group1 Report より、スウェーデンにおける Timberjack1270 の燃料消費：0.77kg/m<sup>3</sup>、CO<sub>2</sub>排出原単位は 3455g-CO<sub>2</sub>/kg fuel である。また、ローダーの原単位は入手できなかったため、COST Report より Forwarder Timberjack810B の原単位、燃料消費：0.43kg/m<sup>3</sup>、CO<sub>2</sub>排出原単位は 3455g-CO<sub>2</sub>/kg fuel を当てはめることとする。

よって、伐採にかかる CO<sub>2</sub>排出量は、 $(0.77+0.43) \times 3455 = 4146 \text{ g/m}^3 \div 1000 = 4 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$

② 伐採現場からヨーテボリ港までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

T 社が地元コンサルティング会社に依頼した、T 社工場の原料の供給メーカーから T 社工場までの原料の輸送、及び T 社工場からヨーテボリ港までの製品の輸送によって排出される CO<sub>2</sub>排出量の調査結果を参考にする。調査報告書によれば、1 コンテナ 30 m<sup>3</sup>の積載ができ、CO<sub>2</sub>排出量は 0.48t-CO<sub>2</sub>/1 コンテナである。コンテナには構造材のみならず、造作用資材や木材以外の資材も混載されているが、構造材のみの輸送時 CO<sub>2</sub>量を計算することは困難であるため、今回はコンテナあたりの平均 CO<sub>2</sub>量を採用する。

よって、伐採現場からヨーテボリ港までの輸送によって発生する CO<sub>2</sub>排出量は、 $480 \div 30 = 16 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$

③ B 社工場での製材加工によって発生する CO<sub>2</sub>量

今回の調査では、B 社工場の製材加工によって発生する CO<sub>2</sub>量についてはデータを得る

ことができなかった。そのため、隣国フィンランドのパネル用芯材製材工場の実測値：  
39kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を代用する。

よって、B社工場での製材加工によって発生するCO<sub>2</sub>排出量は、

$$\boxed{39\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

⑤-1 (海外) T社工場でのパネル製造によるCO<sub>2</sub>排出量

BUWAL250 (スイス環境省データベース) よりスウェーデンの電力CO<sub>2</sub>排出原単位は0.0638kg-CO<sub>2</sub>/kWhである。またEPA(スウェーデン環境省)より地域熱暖房のCO<sub>2</sub>排出原単位は0.0346kg-CO<sub>2</sub>/kWhである。T社の06年の年間電力消費量(照明・動力用)は1,958,677kWh、暖房用温水消費量は2,069,629kWhであった。

T社工場では、S社の木質パネル住宅のパネルを年間1500棟分製造している。S社の標準的物件は約125.4m<sup>2</sup>、木材使用量は28.8m<sup>3</sup>である。

よって、T社工場でのパネル製造によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$(1958677 \times 0.064 + 2069629 \times 0.035) / (1500 \times 28.8) = 4.5 \div \boxed{5\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

④ -1 (海外) ヨーテボリ港から横浜港までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

BSR(Businee for Social Responsibility,環境問題に取り組む企業団体組織)の国際海事機関のデータによれば、外航コンテナ船のCO<sub>2</sub>排出原単位は0.115kg-CO<sub>2</sub>/TEU・kmである。2TEU=1コンテナ=60m<sup>3</sup>である。

また、ヨーテボリ～横浜港の平均海上輸送距離を21860kmとする。

よってヨーテボリ港から横浜港までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$21860 \times 0.115 \times 2/60 = 83.8 \div \boxed{84\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

④-2(国内) 横浜港からS社プレカット工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

S社工場の担当者に対するヒアリングより、横浜港からS社プレカット工場までの輸送距離は、約40kmである。12～17tトラックで輸送したとして、トンキロ法(算定式C)を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。製材の比重は0.38とする。

よって、横浜港からS社プレカット工場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 40 \times 0.0421 \times 38.2 \times 0.0687 = 1.6 \div \boxed{2\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

よって、④輸送イによるCO<sub>2</sub>排出量は、合計 $\boxed{86\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$ である。

⑤ -2 (国内) S社プレカット工場内のプレカット工程によるCO<sub>2</sub>排出量

S社の行った実測調査より、S社のプレカット工場において03年度にコンテナの荷降ろし・保管・整理・プレカット(プレカット加工するものも、しないものもある)・荷上げの各工程に使用された電力量は356,620kWh、LPガスは41,632kgである。環境省「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」によれば、電力のCO<sub>2</sub>原単位は0.378kg-CO<sub>2</sub>/kWhである。また、LPガスについては、日本LPガス協会ホームページ、及び環境省「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」より、2.72kg-CO<sub>2</sub>/kgである。

今回対象としたS社の工場では822棟分の根太を作成していることから、1棟あたりのCO<sub>2</sub>排出量を求め、その後木材1m<sup>3</sup>あたりの値を算出する。

よって、S社プレカット工場内の作業によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$(356,620 \times 0.38 + 41,632 \times 2.72) / (822 \times 28.8) = 10.5 \div \boxed{11\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

よって、⑤再加工によるCO<sub>2</sub>排出量は、合計 $\boxed{16\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$ である。

## 5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

---

### ⑥ S社プレカット工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量

S社工場から首都圏までの平均輸送距離を40kmとする。12～17tトラックで輸送したとして、トンキロ法（算定式C）を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。製材の比重は0.38とする。

よって、S社工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 40 \times 0.0421 \times 38.2 \times 0.0687 = 1.6 \div \boxed{2\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑦ 施工によるCO<sub>2</sub>排出量

今回のLCA計算では、施工段階を構造パネルの組立終了までとする。

S社担当者の方が行われた施工現場の実測値より、実際にパネル組立までの工程（基礎工事・防蟻処理・水道設備工事・仮設工事・躯体組立工事）で稼動した建機と人工の移動距離を拾った。

その結果、施工による使用電力44.8kWh、使用ガソリン量91ℓ、使用経由量337ℓとなった。原単位をそれぞれかけて、

$$(44.8 \times 0.38 + 91 \times 2.32 + 337 \times 2.62) / 28.8 = 38.5 \div \boxed{39\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

以上より、事例SのCO<sub>2</sub>排出量は合計 $\boxed{202\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$ となる。

## (5) 生産段階に関する考察

## ■4 事例の計算結果の整理

事例 A,J,M,S の4事例の計算結果を整理すると、以下の表 5-2-5 のようになる。また、個々の段階ごとの結果を図示したものが図 5-2-10 である。

表 5-2-5 生産段階の4事例の計算結果

単位: kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		伐採	輸送ア	製材+乾燥	輸送イ	再加工	輸送ウ	施工	合計
地産地消型	事例A	22	7	111	3	8	20	9	180
一般流通型	事例J	22	6	123	25	11	2	7	196
輸入型	事例M	4	5	39	94	47	7	17	213
	事例S	4	16	39	86	16	2	39	202

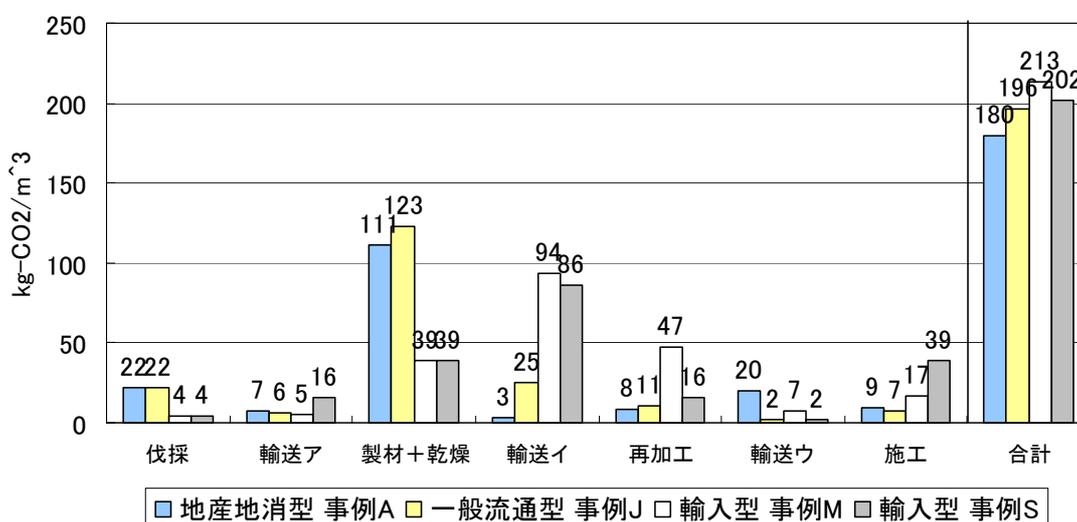


図 5-2-10 生産段階の4事例の計算結果

さらに、各段階の結果を積み上げた結果を図示したものが図 5-2-11、各段階の合計値に占める割合を示したものが図 5-2-12 である。

5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

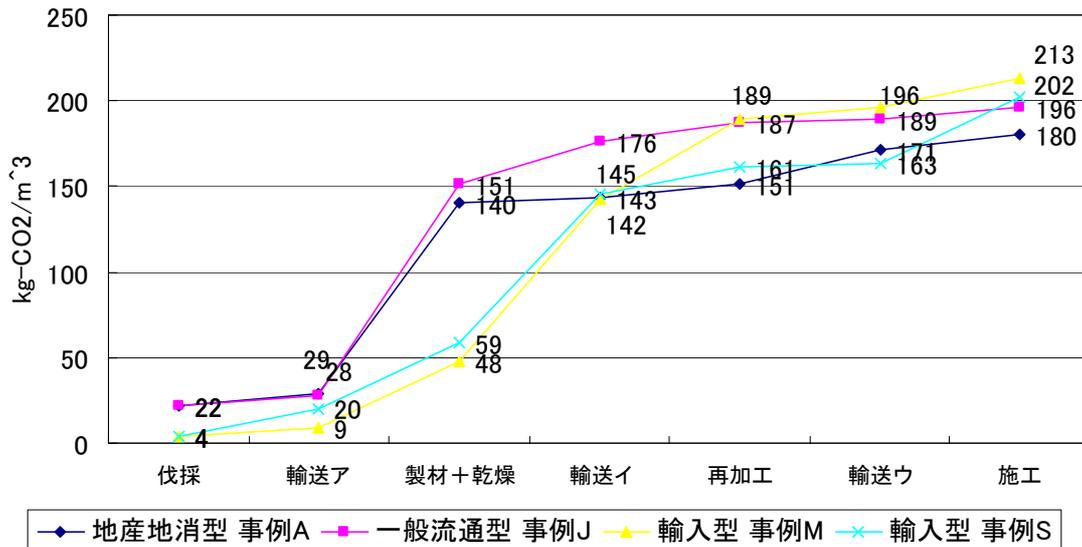


図 5-2-11 生産段階の4事例の計算結果 (積み上げ)

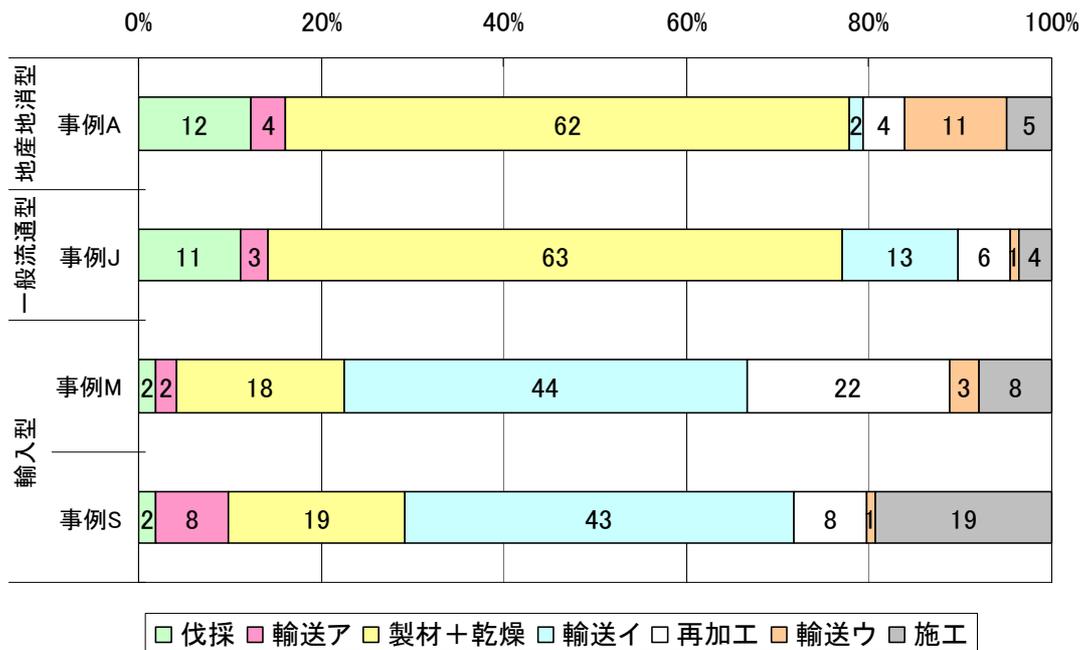


図 5-2-12 生産段階の4事例の計算結果 (割合)

## ■事例間の比較

生産段階のみに限って、CO<sub>2</sub>排出量を積み上げると、事例Aが180kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と最も少なく、ついで事例Jが196kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>、事例Sが202kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>、事例Mが213kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>という結果になった。

事例ごとに特徴を見てゆくと、地産地消型の事例Aは「製材+乾燥」段階の占める割合が62%と大部分を占め、ついで「伐採」、「輸送ウ」、「施工」の順であった。生産地と消費地が近接するため輸送距離が短くなるのが地産地消型の強みであり、輸送ア、輸送イに関してはその強みが発揮された結果となった。輸送ウの割合が大きくなった理由には、加工場と施工現場が近いために、輸送が頻繁に繰り返され（トラックの積載率が低い）たこと、通常施工段階に算入される大工の移動が、資材移動をかねているため輸送ウに算入されたことなどが考えられる。

地産地消型の事例AについてCO<sub>2</sub>排出量が小さくなったのは、秋田県で製材し、首都圏でプレカット・施工を行う一般流通型の事例Jであった。事例Jでは、「製材+乾燥」段階の割合が、63%と大きく、ついで「輸送イ」、「伐採」、「再加工」の順となった。事例Aと比較すると、秋田～東京間の長距離輸送を含む「輸送イ」の割合が大きくなっているのが特徴である。ただし、その割合は13%とそれほど影響は大きくない。「輸送ウ」については、事例Aの輸送ウに大工の移動が含まれていることなどから事例A,J間での比較は難しいと考えられる。

ついでCO<sub>2</sub>排出量が大きかったのは、工業化住宅メーカーS社の事例Sであった。事例Sでは、「輸送イ」すなわちスウェーデンから日本のプレカット工場までの輸送の割合が43%と最も大きくなり、以降「施工」、「製材+乾燥」（同値）、「輸送ア」、「再加工」（同値）の順となった。輸送イのうち95%はスウェーデンから日本までのコンテナ船輸送によるものであることから、長距離の海上輸送によるCO<sub>2</sub>排出量の影響が顕著に現れているといえる。

最もCO<sub>2</sub>排出量が大きかったのは、工業化住宅メーカーM社の事例Mであった。事例Mでは、「輸送イ」の割合が44%と最大であった。以降、「再加工」、「製材+乾燥」、「施工」の順であった。「輸送イ」、とくにフィンランドから日本までの海上輸送が大きな割合を占めることは事例Sと同様である。一方、事例Sでは影響度の小さかった「再加工」の影響度が事例Mでは高い。これは、M社では再加工工程を日本国内で行っており、日本の電力原単位が北欧諸国の5倍ほどの値であることが原因と考えられる。「再加工」段階の考察に関して詳しくは後述する。また、「施工」段階に関してはM社とS社で計算方法が多少異なるため、比較は難しいと考えられる。

## ■段階ごとの比較

### ①伐採段階

伐採段階においては、既往研究\*1より秋田県のある素材生産業者の高性能林業機械を用いた伐採業務によるCO<sub>2</sub>排出量22kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を事例A、Jの値として採用した。ただし、秋田県は急峻な斜面の伐採現場が多く、高性能林業機械の導入があまり進んでいない状況がある。よって今現在も手持ちのチェーンソーでの伐採を行っている素材生産業者も多く、こうした伐採方法の場合に生産量あたりのCO<sub>2</sub>排出量がどのように変化するかは不明である。ただし、今後高性能林業機械の導入は進むと考えられる。

輸入型の事例M、Sはどちらも4kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>という低い値となった。これは、北欧では平坦な地形を活かして、高性能林業機械を使用した効率的な伐採が行われていることによる。

伐採段階のCO<sub>2</sub>排出量が全体に占める割合は、地産地消型が12%と最大で、輸入型事例ではどちらも2%と非常に小さくなった。

### ②輸送ア段階

伐採現場から製材所までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、事例Aが7kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(4%)、事例Jが6kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(3%)、事例Mが5kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(2%)、事例Sが16kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(8%)となった。輸送ア段階が生産段階全体のCO<sub>2</sub>排出量に占める割合は2~8%と、どの事例においても小さかった。ただし、急峻な山の奥地の伐採現場から素材を搬出する際には、非常に大きな労力がかかり、(ヘリコプターによる搬出やケーブルによる搬出などの方法もあるため、搬出方法によってCO<sub>2</sub>排出量には大きな差が出ると考えられる。

### ③製材+乾燥段階

製材および乾燥によるCO<sub>2</sub>排出量は、事例Aが111kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(62%)、事例Jが123kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(63%)、事例Mが39kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(18%)、事例Sが39kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(19%)となった。ただし、事例Sは実測値が得られなかったため、事例Mの値を代用している。製材+乾燥段階でのCO<sub>2</sub>排出量は地産地消型、一般流通型の事例では全排出量の60%以上を占め、影響の大きな段階であるといえる。一方、輸入型の事例では全排出量の20%弱と影響度が低い。

製材+乾燥段階では、乾燥によるCO<sub>2</sub>排出が多いことが一般に言われている。そのため、各事例で対象とした製材工場の全製品に占める乾燥材比率や、加工の程度、乾燥のための熱源の種類などより、結果に大きな差が出たと考えられる。

具体的には事例AのO森林組合製材所ではN邸の部材を2度モルダーがけするなど、手間のかかった製材作業を行っていたことが既往研究\*1で指摘されている。また、事例AのO森林組合製材所、事例JのS協同組合では、乾燥は重油焚きあるいは灯油焚きボイラーによって行われていた。この乾燥工程での化石燃料の消費がO森林組合、S協同組合のCO<sub>2</sub>排出量の大きさにつながったと考えられる。なお、2社の乾燥材の比率は20~40%程度である。

S協同組合では、現在木屑焚きボイラーを試験導入中であり、このボイラーが稼動するとCO<sub>2</sub>排出量は約25%減少し、90kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>程度となるという試算結果が得られた。さらに、O森林組合の製材所よりS協同組合のほうが製材設備の機械化、大型化が進んでいることも、S協同組合の値の増加の一因と考えられる。

参考として、事例の中では取り上げなかったが、LCA調査に御協力いただいた秋田県内の製材工場T社CO<sub>2</sub>排出量計算結果を示す。

(参考事例 T 社製材工場)

T 社の製材工場では、年間生産量が 11,640 m<sup>3</sup>、年間使用電力量が 735,300kWh、年間使用灯油量が 54,600ℓであった。これより、CO<sub>2</sub>排出量を求めると、

$$(735,300 \times 0.441 + 546,00 \times 36.7 \times 0.0679) \div 11,640 = 39.5 \approx \boxed{40\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

となり、輸入型 2 事例とほぼ同じ値となった。

T 社では乾燥は木屑焚きボイラー 2 台、灯油焚きボイラー 1 台で行っている。発生する端材のうち、チップ化できないものや樹皮、おが粉などはほぼ全量が木屑焚きボイラーに投入されており、廃棄物の節減と化石燃料の燃焼による CO<sub>2</sub>排出量の削減という 2 重の効果がある。T 社で発生する廃棄物のうち、最終処分される物はボイラーの焼却灰のみで、それ以外の木材に由来する副産物は全てチップ化や敷き藁としてマテリアルリサイクル、あるいは木屑焚きボイラーの燃料としてサーマルリサイクルされている。

参考事例の結果も合わせて考察を行うと、秋田県内の製材工場においても、工場の乾燥材比率や乾燥熱源の種類などによって、製材工場間で結果に大きな差が出るということが分かった。また、乾燥材の比率や製材工場の設備などによって製材+乾燥段階の CO<sub>2</sub>排出量は大きく変わる。

輸入型事例 M の M 社現地工場では、製品は全て含水率 15%以下に乾燥されていた。乾燥材比率 100%であるにもかかわらず、秋田県の事例と比較して値が低くなった要因は、M 社の使用電力及び乾燥用熱が隣接するバイオマス発電所 E 社から供給されていることである。E 社の電力原単位 0.172kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>は東北電力の電力原単位 0.441kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>の 1/2~1/3 と小さく、この原単位の差と製材機器の性能 (M 社現地工場で使用している製材機は、一度木材を通すだけで 4 面加工済みの材を製造することができる) の差が、事例 M の値の小ささの要因と考えられる。

#### ④輸送イ段階

製材工場から再加工工場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、事例 A が 3kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(2%)、事例 J が 25kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(13%)、事例 M が 94kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(44%)、事例 S が 86kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(43%) となった。地産地消型では、再加工の刻み加工を行った K 工務所の下小屋が製材工場から非常に近かったため CO<sub>2</sub>排出量も小さくなった。一般流通型では、秋田県からプレカット工場の場所として想定した茨城県まで 500km の輸送を行ったとして計算を行い、その値は地産地消型より大きいものの、CO<sub>2</sub>排出量総計に占める割合は 13%とそれほど大きくはない。

一方、フィンランド及びスウェーデンから 2 万 km 以上を海上輸送する輸入型では、ともに値は大きくなり、CO<sub>2</sub>排出量総計に占める割合もそれぞれ 44%,43%と大きくなった。輸入型では、輸送イの段階に海上輸送と日本の港から再加工工場までのトラック輸送が含まれているが、どちらの事例も海上輸送の占める割合が 90%以上と大半を占めた。

## 5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

---

### ⑤再加工段階

再加工によるCO<sub>2</sub>排出量は、事例Aが8kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(4%)、事例Jが11kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(6%)、事例Mが47kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(22%)、事例Sが16kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(8%)となった。事例Aでは、大工職人による継ぎ手・仕口の刻み加工、事例Jではプレカット加工、事例M,dではパネル化を再加工ととらえており、事例ごとにその対象となる加工の種類・程度は大きく異なっている。そのため一概に事例間で値の大小を比較することはできないが、事例Aと事例Jを比較することで、同じ継ぎ手・仕口の加工を手刻みとプレカット機械で行う場合でもあまり大きな差が出ないことがいえる。また、事例Mと事例Sを比較すると、両社とも木質パネルの製造という加工の内容は同じであるが、日本のパネル工場でパネル化を行っているM社の事例Mは使用電力原単位がスウェーデンと比較して大きいため、値が非常に大きくなった。

### ⑥輸送ウ段階

再加工工場から施工現場までの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、事例Aが20kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(11%)、事例Jが2kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(1%)、事例Mが7kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(3%)、事例Sが2kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(1%)となった。輸送ウ段階のCO<sub>2</sub>排出量が全体に及ぼす影響は非常に小さいといえる。また、事例Aの輸送ウの値には施工段階に算入すべき人工の移動が含まれる。

### ⑦施工段階

施工現場での構造部材の組み立てまでの施工作业によるCO<sub>2</sub>排出量は、事例Aが9kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(5%)、事例Jが7kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(ただし文献値、4%)、事例Mが17kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(8%)、事例Sが39kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>(19%)となった。木造軸組構法の事例A、Jでは、木質パネル構法の事例M,1-dより施工時の重機の使用が少ないため値が小さくなる傾向があると考えられる。また、伝統構法を採用している事例Aでは施工期間が一般的な在来工法より長くなっており、その影響が多少出るとは考えられる。施工段階のCO<sub>2</sub>排出量のうち、大きな割合を占めるものは、重機の燃料と人工の移動による燃料の消費である。今回は構造部材の組み立てまでを対象としているため、とくに重機の燃料の消費の影響が大きくなっているが、施工期間全体を見ると上棟式以降は重機の使用はほとんどないため、より人工の移動の影響が大きくなると考えられる。

## ■まとめと分析上の課題

生産段階を7つの小段階に分類し、各小段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を積み上げた結果、「地産地消型」・「一般流通型」・「輸入型」の3つのタイプによってCO<sub>2</sub>排出量に影響を及ぼす要因が異なることが明らかになった。タイプごとに特徴をまとめると次々ページの表5-2-6ようになる。

現在、木質系建材の生産段階において環境的側面から、外材に対する国産材の優位性、あるいは一般的な住宅生産システムに対する地産地消型の住宅生産システムの優位性が語られることが多い。しかし、今回の事例調査によってこうした2極の対立構造をもとに、木質建材の環境性能を捉えることは危険をはらんでいることが明らかにされた。確かに、輸入型の輸送イのCO<sub>2</sub>排出量が多いが、一方で北欧諸国のCO<sub>2</sub>排出原単位の小さな電力・熱を使用して、乾燥がしっかりと行われた製材を生産している。秋田県の製材工場で化石燃料を使用して乾燥を行って行けば、たちまち輸送面でのCO<sub>2</sub>排出量のメリットは消えてしまう。実際に、調査を行った4事例のCO<sub>2</sub>排出量の合計はそれほど大きな差がなかった。

異なる原料原産地、異なる生産システムをとって生産される住宅を環境的側面から比較する場合には、生産段階の一部（本論での小段階に相当する）のみを切り出して比較することは、非常に危険であり、一連の生産小段階で発生するCO<sub>2</sub>排出量を積み上げていくことが必要である。また、今回調査対象としたのは木質パネルの原料を輸入している事例であったが、在来構法の部材の原材料を外国から輸入している場合は、輸送アまでを輸入型、製材+乾燥段階以降を一般流通型として捉えることである程度CO<sub>2</sub>排出量の傾向をつかむことができると考えられる。同様に、外国から乾燥済み製材品を在来構法の部材として輸入している場合は、輸送イまでを輸入型、再加工または輸送ウ段階以降を一般流通型として捉えれば、CO<sub>2</sub>排出量の傾向をつかむことができると考えられる。

最後に、今回のCO<sub>2</sub>排出量の試算についていくつか注意すべき点を述べる。

まず、今回の試算の対象についてである。本論では建築用木材の生産工程を順にたどって（木材流通の川上から川下までをたどって）いく方法で資源循環フローを把握している。そのため、事例A,Jでは秋田県産材、事例M,Sでは北欧産材と原産国・原産地を限定し、さらに製品も構造材製品と限定せざるを得なかった。そのため、木質パネル構法で構造部材のパネルを構成する合板の製造工程については考慮していないことに注意が必要である。

次に、試算の単位についてである。試算では製品1m<sup>3</sup>あたりのCO<sub>2</sub>排出量としたが、これを丸太1m<sup>3</sup>あたりのCO<sub>2</sub>排出量とするためには、各段階において最終製品の体積量にたいしてどれだけの副産物・廃棄物が発生しているかを把握し、原料に対する製品の割合（歩留まり）でCO<sub>2</sub>排出量を除すことが必要となる。図5-2-11のように積み上げ計算を行う場合、丸太換算を行うことが多いが、本論では調査を通じて実感した“副産物は再資源化されて他の製品の原料となることが多い”ことを重視し、あえて丸太のうちの製品となる部分のみを対象として仮想的な積み上げを行っている。ただし、この方法では秋田県の伝統的製材工場に見られるような丸太を有効に製材し、歩留まりを高くする取り組みは評価できないことになる。

最後に、輸送段階の計算方法についてである。本来は輸送回数が明らかであれば、事例Aのように燃費法をもちいることが望ましいが、木材、あるいは住宅生産の流通過程は非常に複雑であり輸送回数が不明なことが多かった。そのためトンキロ法を用いることが多くなったが、そもそも木材は乾燥状態や形状によって比重が大きく変わる特徴があるため、トラックに積まれる木材の状態を把握することが重要になる。

ここまで建築用木材の生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量を、異なる原産国、異なる構法の事例を取り上げて分析してきた。次項では、生産段階、使用段階に続く再資源化段階において、異なる再資源化手法を取り上げCO<sub>2</sub>排出量について分析を行う。

5章 5-2 生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

表 5-2-6 生産段階におけるタイプごとの特徴

		伐採	輸送ア	製材+乾燥	輸送イ	再加工	輸送ウ	施工
地産 地消 型	影響度	△	×	○	×	×	△	△
	特徴	伐採現場の状況（高性能林業機械の使用・作業のしやすさなど）によってCO <sub>2</sub> 排出量が増減する。	伐採現場～製材工場は近接していることが多く、CO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	地産地消型住宅の部材の製材に対応するような中小規模の製材所では、昔ながらの大引製材が多く、化石燃料をそれほど消費しないが、人工乾燥の割合が高く、さらに乾燥熱源が化石燃料である場合にはCO <sub>2</sub> 排出量が多くなる。	製材工場と再加工工場は、近接あるいは同一の場合が多く、また施工現場で再加工をする場合もあるため、CO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	継ぎ手・仕口の加工は大工の手刻みによることが多く、CO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	再加工場～施工現場は近接あるいは同一の場合が多く、一般的にはCO <sub>2</sub> 排出量は少ないが、輸送回数が増えるとCO <sub>2</sub> 排出量も増加する。	伝統的構法の場合、人工がかかり人工の移動によるCO <sub>2</sub> 排出量が増加する場合がある。
一般 流通 型	影響度	△	×	○	△	×	×	×
	特徴	同上	同上	製材工場の生産量と工場の設備の生産性がある場合、CO <sub>2</sub> 排出量はそこまで大きくならないが、設備が有効に使用されていない場合や、乾燥が化石燃料によっている場合などはCO <sub>2</sub> 排出量が多くなる。	再加工（プレカット工場）が消費地の近傍にある場合、輸送距離は長くなるものの、全排出量と比較するとその値は少ない。	プレカット工場における継ぎ手・仕口の加工はある程度CO <sub>2</sub> を排出しているが、大規模な工場ほど生産効率が高くCO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	同上。ただし、プレカット工場からの輸送は管理された効率的なものであるため一般的にCO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	重機の使用・人工の移動はそれほど多くなく、CO <sub>2</sub> 排出量は少ない。
輸入 型	影響度	×	×	△	○	△	×	○
	特徴	外国（北欧）の伐採現場は日本よりも条件がよいことが多く、高性能林業機械を用いた効率的な伐採が行われており、CO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	同上	外国（北欧）の製材工場は、CO <sub>2</sub> 排出原単位の小さな電力及び熱を利用し、効率的に製材を行っている。そのため、CO <sub>2</sub> 排出量は日本と比較して少ない。	海上輸送によるCO <sub>2</sub> 排出量が多い。さらに、不良品を航空輸送した場合などはCO <sub>2</sub> 排出量が非常に大きくなる。日本に到着してから再加工工場あるいは倉庫・施工現場までの輸送によるCO <sub>2</sub> 排出量は少ない。	パネル化等の再加工は、エネルギーを消費するが、CO <sub>2</sub> 排出量は、使用電力原単位によるところが大きい。よって、こういった電力を使用するか、どの国で再加工を行うかによってCO <sub>2</sub> 排出量は大きく変わる。	同上	工業化構法によって重機の使用が増えるとCO <sub>2</sub> 排出量が多くなる。

### 5-3 再資源化段階におけるCO<sub>2</sub>排出量計算

生産段階で生産され、木造住宅で一定期間使用された建築用木材は、解体工事を経て再資源化段階に移行する。5-3では、解体材の再資源化事例について再資源化手法ごとにCO<sub>2</sub>排出量をみていく。なお、再資源化段階においては特定の事業者によるLCA調査をお願いすることはできなかったため、再資源化業者に対して行った聞き取り調査から適当と思われる再資源化手法、集荷範囲などを仮想的に設定することが多くなっていることを断っておく。

#### (1) 事例RU 古材リユース

事例RUとして、築100年以上の古民家を手壊し解体し、古材をリユースする事例を取り上げる。古材のリユースは、大きく分けて2通りの方法がある。1つ目の方法は、解体されることが決まった（あるいは予定されている）古民家の情報が日本民家再生リサイクル協会や古材文化の会などの古民家再生を行うNPO法人等の団体にもたらされ、そうした団体のメンバーと家主や再築主の共同作業によって、古民家の移築再生方法が検討され、実行される場合である。よって、この場合は移築再生の対象となる古民家が先に決まっておき、各事例に対して家主の希望やコストなどを鑑みて最適と思われる移築再生方法、古材のリユース方法を選定していく。そのため、一つ一つの事例ごとに古材のリユースを行う割合、その補修の程度なども大きく異なる。

2つ目の方法は、古材のストックをもち、それらの流通・販売を行う古材バンク業者によって行われる場合である。古材バンク業者は、解体の行われる古民家の情報を得ると、解体現場に赴き、リユースして商品となりそうな古材（例えば、大断面の梁や大黒柱、木製建具など）を収集する。この際、家主側に金銭を支払うことはあまり行われていないようである。なぜならば、リユースを行わない場合、古材は木屑等産業廃棄物とみなされ、処分費用がかかるためである。

古材バンク業者は収集してきた古材を、製材工場で補修する。補修作業の具体的な内容は、くぎ抜きや腐っている部分の根継ぎ、柱・梁断面を現代の基準寸法に合わせる、建具などの高さを足す、などである。古材は長期間使用されて十分に乾燥されているため、乾燥作業を行う必要はない。補修作業の終わった古材は、古材バンク業者のストックヤードに保管される。古材を購入したい客は古材バンクに予約をいれ、ストックヤードを見学し、自分の好みに合う古材を選び、購入する。現在古材バンク業者を通じて流通している古材は、構造材としてリユースされることはまれであり、ほとんどが飲食店や住宅の内装材（化粧梁など）や家具（テーブル天板など）としてリユースされている。

今回、古民家再生を行っているNPO法人1法人および、古材バンク業者1社に対し、聞き取り調査を行うことができた。ここでは、事例ごとの特殊性が強い古民家再生は対象とせず、古材バンク業者を中心として行われる古材リユースを対象とすることとする。

古材バンク業者H社を中心とする古材のリユースプロセスを図5-3-1に示す。また、フロー内の各段階でLCA計算のもととなったインベントリデータの内容および取得方法、計算に使用した原単位や文献を表5-3-1に示す。

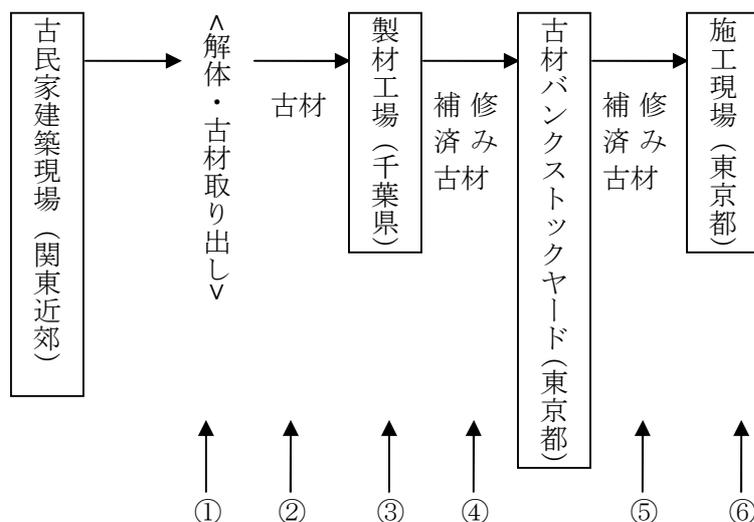


図 5-3-1 事例 RU におけるフロー

表 5-3-1 事例 RU におけるインベントリデータと使用原単位

段階	関係業者	業務内容	インベントリデータ	取得方法	使用原単位
①	解体業者	手壊し解体	—	参考文献*3の木造住宅解体によるCO <sub>2</sub> 排出原単位を引用	
②	古材バンク業者 H社	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング(H社)結果を元に妥当と思われる値を仮定	参考文献*2
③	H社 or 製材業者	補修	—	秋田県T社製材工場のデータと同等とみなした	
④	H社	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング(H社)	参考文献*2
⑤	H社 or 施主 or 施工業者	輸送	輸送距離・輸送回数	ヒアリング(H社)結果を元に妥当と思われる値を仮定	参考文献*2
⑥	施工業者	施工	—	参考文献*3のデータを使用	

## 【計算結果】

①解体による CO<sub>2</sub>排出量

解体工事には、解体材のリユース・リサイクルを目的として、各部材を主に手作業で丁寧に分別解体する「手壊し解体」と、重機で解体を行う「機械解体」の2通りに大きく分けられる。実際の解体は、手作業のみ、あるいは重機のみで行われるということはほとんどなく、解体材のリユース・リサイクルをどの程度想定・期待しているか、解体工事の予算、建て替え工事開始までの期間などを考え合わせ、手壊し解体と機械解体の割合が決定する。とくにリユースを行う古材の取り外しには継ぎ手・仕口を理解し、建て方の逆手順で丁寧に解体を行うことが求められる。

解体工事による CO<sub>2</sub>排出量に関しては、既往研究が少ない。今回の分析では参考文献\*3から、木造住宅の解体搬出による CO<sub>2</sub>排出量 5.57kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>を採用することとする。

在来構法の木造住宅の平均木材使用量 0.1775 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>であるから、m<sup>3</sup>あたりの CO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{31\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

ただし、この値は木造住宅全体を解体する際に排出される CO<sub>2</sub>量であり、構造材のみの解体によるものではないことに注意が必要である。

②解体現場から製材工場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

H社のヒアリング結果より、H社が古材を収集に行く範囲は関東近郊に限られていることが分かった。一般に、古材の輸送費は古材バンク持ちになるため、収集範囲は県内～隣県程度に限られるようである。ただし、規模の大きな古民家であったり、丁寧な細工の施された建具などがある場合は、多少遠出をしてでも商品価値の高い商品求めて収集に向う。H社でも、長野県や新潟県まで収集に行ったことがあるということであった。ここでは、古民家の解体現場から千葉県製の製材工場までの平均輸送距離を 100km と仮定する。H社ヒアリングから平均的に古民家一棟から柱・梁を 50 本程度収集してくることが分かった。柱・梁の平均寸法を 4000×200×200 と設定すると、1棟あたり輸送する古材の材積は、8 m<sup>3</sup>となる。比重は乾燥製材と同じかそれ以下と考えられるため、ここでは 0.38 とおく。これを、4tトラックで輸送したとして、トンキロ法（算定式 C）を用いて CO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表 5-1-2 を参考にする。

よって、解体現場から製材工場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 100 \times 0.0844 \times 38.2 \times 0.0687 = 8.4 \approx \boxed{8\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

③製材工場における補修作業による CO<sub>2</sub>排出量

H社が古材の再加工を行っている千葉県の製材工場に対して LCA 調査を行うことはできなかった。よってここでは、H社のヒアリングを元に、古材をリユースする際に行われる古材の補修にかかる CO<sub>2</sub>排出量として、事例 A の K 工務所の CO<sub>2</sub>排出量を採用することとする。古材は、長期間の使用を経て十分に乾燥されており、ヒアリング結果からも提携している製材工場に釘抜き・再製材のみを委託し、乾燥は行っていないとのことであった。

よって、古材の再加工による CO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{8\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

④製材工場から H社のストックヤードまでの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

千葉県の製材工場から東京都の H社ストックヤードまでの距離を地図上の推定から 20km と仮定した。製材工場では、補修作業のみを行っているため、輸送された木材の材積はほぼ 8 m<sup>3</sup>と等しいと考えられる。これを、4tトラックで輸送したとして、トンキロ法（算定式 C）を用いて CO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表 5-1-2 を参考にする。

よって、製材工場からストックヤードまでの輸送（往復）による CO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 20 \times 0.0844 \times 38.2 \times 0.0687 = 1.7 \approx \boxed{2\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

## 5章 5-3 再資源化段階における CO<sub>2</sub>排出量計算

---

### ⑤H社のストックヤードから施工現場までの輸送による CO<sub>2</sub>排出量

H社のヒアリングより、古材のリユース現場は首都圏内が多いとのことであった。これは、古材のストックヤードからリユース先の施工現場までの輸送は購入者の負担になることから、施工現場に近いストックヤードから古材を購入したほうが輸送費を安く抑えられることが要因のひとつと考えられる。

東京都のH社ストックヤードから施工現場までの距離を30kmと仮定した。また、古材のリユース材積を1棟あたり1m<sup>3</sup>と仮定する。これを、4tトラックで輸送したとして、トンキロ法（算定式C）を用いてCO<sub>2</sub>排出量を求める。原単位は表5-1-2を参考にする。

よって、製材工場からストックヤードまでの輸送によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 30 \times 0.0844 \times 38.2 \times 0.0687 = 2.4 \div \boxed{2\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

### ⑥施工による CO<sub>2</sub>排出量

既往文献\*5の施工によるCO<sub>2</sub>排出量を参考とする。

よって、施工によるCO<sub>2</sub>排出量は、

$$\boxed{7\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$$

よって、解体によって発生するCO<sub>2</sub>排出量は、 $\boxed{31\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

古材リユースによって発生するCO<sub>2</sub>排出量は、合計 $\boxed{27\text{kg-CO}_2/\text{m}^3}$

となる。

## (2) 事例 MR パーティクルボードとしてリサイクル

解体材の再資源化方法として、リユースについてレベルの高い手法がマテリアルリサイクルである。リユースが築 100 年以上を経過した古民家の大断面の梁や、大黒柱、木製建具などに限定されているのに対し、マテリアルリサイクルでは解体材をチップ化して、ボード類に再利用するとなどの手法が確立している。古材のリユースは古材そのものの古さを価値として認め、それを保全するために行われるのに対し、リサイクルによって製造されるリサイクル製品は、チップ化され、均質化された原料から全くの新品として製造される。木材はその特質として、様々なマテリアルリサイクル方法をもつことが挙げられるが、ここではマテリアルリサイクルの代表的手法として解体材からパーティクルボードを製造する場合を取り上げる。

パーティクルボードは、木材を破砕または切削して製造した小片（パーティクル）に、接着剤や添加剤を塗布し、熱圧・成型して製造する木質ボードである。原料の比率は、建築解体材が 7 割以上と高く、ついで合板・製材工場で発生する未利用残材が 2 割、残りは間伐材などである。用途は、家具・建具の比率が最も高いが、近年はマンションの床下地に積極的に使用されるなど、建築向けが拡大している。

今回調査対象とした T ボード製造業者では、首都圏で発生する新築時の木質廃棄物(50%)、廃棄パレット(25%)、解体材(5%)などを原料として、PB を製造している。製品の PB は首都圏内のマンション床下材に主に使用されている。TB 社のパーティクル製造のフローを示すと図 5-3-2 のようになる。

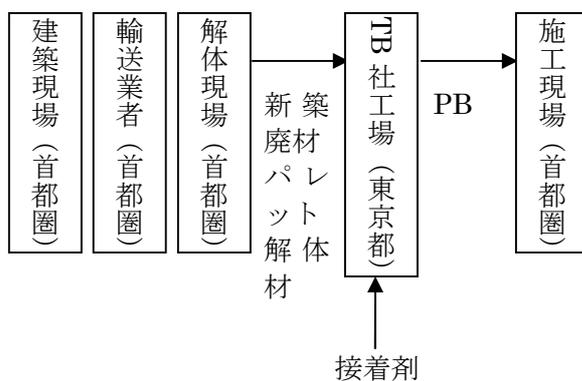


図 5-3-2 事例 MR におけるフロー

## 5章 5-3 再資源化段階における CO<sub>2</sub>排出量計算

今回、パーティクルボード工場に LCA 調査を行うことができなかったため、ここでは既往研究<sup>80</sup>を参考にした。この研究は、日本繊維板工業会の会員 4 社と東京農工大学で組織したパーティクルボード LCA 委員会により行われたものであり、調査対象の 4 社で日本国内のシェア 50%以上を越しており、データとして信頼性の高いものと考えられる。

既往研究では、LCA の対象を「原料のチップ製造工場への搬入」、「チップ製造」、「パーティクルボードの製造」、「接着剤・消耗品の製造」としており、製品 1t あたりの CO<sub>2</sub>排出量は以下の表 5-3-2 のようになっている。製品 1t あたり、原料のチップが 1.08t 使用されており、木材需給表によれば、木材チップの比重 0.3 より、チップの体積あたりの CO<sub>2</sub>排出量に換算した。

表 5-3-2 パーティクルボード製造による CO<sub>2</sub>発生原単位

	輸送	チップ製造	PB 製造	接着剤・消耗品
CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /t)	3	10	190	50
CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	1	3	58	15

よって、パーティクルボードへのマテリアルリサイクルによる CO<sub>2</sub>排出量は合計で、

**77kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>**

<sup>80</sup> 「パーティクルボードのインベントリ分析」、(寺島敏ら) 第 2 回日本 LCA 学界研究発表会講演要旨集 pp.88-89

## (3) 事例 TR バイオマス発電燃料としてサーマルリサイクル

木質ボードなどのマテリアルリサイクルに解体材が回らない場合、次に選択される再資源化手法がサーマルリサイクルである。サーマルリサイクルでは、解体材などから製造したチップを燃料として電力あるいは熱を製造する。調査事例の中では、秋田県の N バイオマス発電所、集成材工場 M 社のバイオマス発電所、合板工場 A 社のバイオマス発電所、フィンランドの E バイオマス発電所の 4 つのバイオマス発電所の事例が見られた。N バイオマス発電所の事業フローを図 5-3-3 に示す。

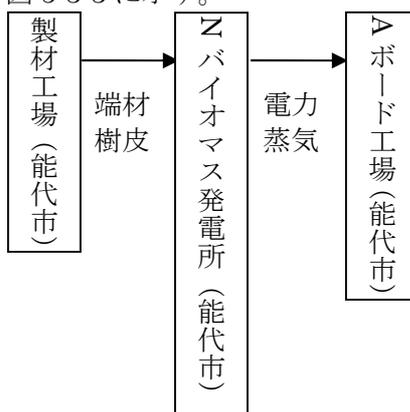


図 5-3-3 事例 TR におけるフロー

N バイオマス発電所は、能代市内の製材工場などから発生する製材端材や樹皮を回収し、チップ化してバイオマス発電の燃料としている。製造した電力は、隣接するボード工場に供給されている他、余剰電力は東北電力に売電している。また、製造した蒸気は隣接するボード工場に供給し、ボード製造工程の中のホットプレスなどで使用されている。

N バイオマス発電所の発電能力は、3000kWh で、電力に加えて 24t/h の蒸気を製造している。また、投入原料量は 54360t/年（設定値）となっている。ヒアリングによれば、ほぼ計画通りの運転が行われているとのことであった。

ここで、バイオマス発電による CO<sub>2</sub> 排出量をどのように評価するか、ということについて考えたい。木材は有機物であるから燃焼させると CO<sub>2</sub> が発生する。しかし、この CO<sub>2</sub> に含まれる炭素は、木が成長過程で光合成により大気中から吸収した CO<sub>2</sub> に由来する。よって、木材の燃焼によって発生する CO<sub>2</sub> はライフサイクル全体で見れば 0 と考えることができる。この性質をカーボンニュートラルと呼ぶ。化石燃料に含まれる炭素もかつての大気中の CO<sub>2</sub> が固定されたものだが、固定されたのは数億年も昔のことであり、現在あるいは数百年単位に限っていえば化石燃料を使用することによって大気中の CO<sub>2</sub> を増加させている。したがって、化石燃料についてはカーボンニュートラルは成立しない。よって、バイオマス発電による CO<sub>2</sub> 排出量は、バイオマス発電の燃料となる製材端材等を発電所まで輸送し、チップ化する過程で発生する CO<sub>2</sub> と、補助的燃料として投入される化石燃料の燃焼により発生する CO<sub>2</sub> を合計すればよいことになる。

N バイオマス発電所の平均回収距離を 50km、運搬は 4t トラックによるとする。よって、燃料の輸送による CO<sub>2</sub> 排出量は、トンキロ法より

$$0.38 \times 50 \times 0.0844 \times 38.2 \times 0.0687 = 4.1 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3$$

また、チップ化による CO<sub>2</sub> 排出量は、表 5-3-2 の値を採用して、3kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> よって、バイオマス発電燃料としてのサーマルリサイクルによる CO<sub>2</sub> 排出量は 7kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

さらに、バイオマス発電による電力を用いることで、化石燃料の節約を行っていることが評価することができる。

#### (4) 事例 F 最終処分

土台など薬剤処理された部材や接着剤が多量に付着した木屑は、リサイクルに回すことができず、最終処分場に埋め立てられることが多い。木屑の場合、多くの場合粉碎・燃焼させて体積を減じてから埋め立てられる。

聞き取り調査などより最終処分場までの輸送距離を片道 80km と仮定し、事例 TR と同様に計算を行う。

輸送による CO<sub>2</sub>排出量は、

$$0.38 \times 80 \times 0.0844 \times 38.2 \times 0.0687 = 6.7 \div 7 \text{kg-CO}_2/\text{m}^3$$

チップ化による CO<sub>2</sub>排出量は、3kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

ただし、最終処分の場合はバイオマス発電の場合と異なり、電力や熱を製造しないため、化石燃料の節約は行われない。

よって、最終処分による CO<sub>2</sub>排出量は、合計 10kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

## (5) 再資源化と輸送に関する考察

再資源化段階においては、リユース、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、最終処分と異なる手法について可能な限り聞き取り調査などで得た情報に即しながら LCA 評価を行った。その結果、表 5-3-1 に示すような結果を得た。生産段階の場合と異なり、再資源化手法は再資源化後の製品がまったく異なるため、生産段階で行ったような事例ごとの比較をすることはできない。

表 5-3-1 再資源化手法 4 事例の CO<sub>2</sub> 排出量試算結果

単位 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	輸送	再資源化に必要な加工	合計
事例 RU	12	15(再製材・再施工)	27
事例 MR	1	76 (ボード製造)	77
事例 TR	4	3(チップ化)	7
事例 F	7	3(チップ化)	10

再資源化段階においては、輸送段階の影響が大きい。

すなわち、文化的価値のある古材などに関しては長距離であっても輸送が行われ、それに伴い CO<sub>2</sub> 排出量も多くなる。再加工に伴う CO<sub>2</sub> 排出量はそれほど大きくなく、再度住宅に使用されることで使用期間が飛躍的に延びることとなる。

一方、木質ボードにマテリアルリサイクルする場合には、原料となる廃木材は、接着剤の付着などが無いなどの最低条件をクリアしていれば、リサイクル工場までの輸送距離が短ければ短いほど都合のよい原料ということになる（なぜならば、廃木材は産業廃棄物とみなされ、その中間処理業者までの輸送は発生源の製材工場等の負担となるため、輸送距離が短いほど排出源にとっては負担減、受け入れ側（ボード工場）にとっては安い原料となる）。ゆえに、ボードにマテリアルリサイクルされる場合は輸送距離が経済的側面から短くなる傾向がある。また、古材として再使用する場合と比較してボードを新たに製造する場合には、木材を繊維状あるいは木片状にし、接着剤などで接着し、さらにホットプレスをかける必要がある。そのため、再加工にかかる CO<sub>2</sub> 発生量が大きくなる傾向がある。

今回事例として取り上げた N 発電所は、能代市内に立地し、周囲に燃料の供給源となる製材工場が多数存在している。そのため、燃料の輸送による CO<sub>2</sub> 排出量は少なくなった。またバイオマス発電ではチップ化のみ行うため再加工にかかる CO<sub>2</sub> 排出量も少ない。しかし、再使用・マテリアルリサイクルはその後長期間の再使用が可能となるのに対し、サーマルリサイクルでは電力製造による CO<sub>2</sub> 削減効果はあるものの、再使用は不可能である。

最終処分は、廃木材発生場所の近隣に再資源化設備がない場合にのみ選択されるため、輸送距離はサーマルリサイクルなどと比較して長くなる。また、最終処分後は再使用不可能なばかりでなく、CO<sub>2</sub> 節約効果も認められない。

さらに、輸送距離・輸送効率の変化により、再資源化段階の CO<sub>2</sub> 排出量は大きく変わる。例えば、サーマルリサイクルの場合に、輸送距離を事例 TR の 2 倍とすれば、結果もおおよそ 2 倍となる。輸送距離が長くなりすぎれば、化石燃料の節約効果よりも輸送距離増加による CO<sub>2</sub> 排出量のほうが大きくなることも考えられる。

また、トラックの積載量の向上や、帰り便の他用途への利用などにより、同様に CO<sub>2</sub> 排出量は大きく変わる。

そのため、再資源化段階においては、輸送の効率化と再資源化設備の適切な選択・配置が大きく影響を及ぼすということができる。

## 5-4 シナリオ別のライフサイクル全体の分析

### (1) シナリオの概要

5-2、5-3 では、建築用木材のライフサイクルのうち生産段階と再資源化段階について、各段階で代表的と考えられる事例について CO<sub>2</sub>排出量を求めた。ここでは、建築用木材のライフサイクル全般にわたった CO<sub>2</sub>排出量を求めるため、各段階からシナリオを組み合わせ、建築用木材のライフサイクルモデルを組み立てる。

#### ■生産段階のシナリオ

生産段階においては、5-2 で示した地産地消型 (A 型)、一般流通型 (J 型)、輸入型 (I 型) を想定する。輸入型に関しては、日本国内でパネル化を行う M 社の事例を想定する。

#### ■使用段階のシナリオ

使用段階においては、30 年、60 年、90 年の使用期間を想定する。この設定値は、品確法 (住宅に品質確保等の促進に関する法律) の住宅の耐久性能の項目において等級の目安となっている値であり、住宅の長寿命化が CO<sub>2</sub>排出量に及ぼす影響を考える際に、住宅の寿命として設定することは妥当であると考えられる。なお、現在の木造住宅の平均寿命は 45 年程度<sup>81</sup>と考えられる。この値も建築用木材のライフサイクル分析に参考値として使用する。

使用期間中、構造部材の改修・取替えなどは行わないものとし、CO<sub>2</sub>排出量は 0 と考える。すなわち、使用段階が長ければ長いほど、建築用木材は住宅に CO<sub>2</sub>を固定していると考えることができる。

#### ■再資源化段階のシナリオ

再資源化段階においては、木材がカスケード型再資源化をされる、すなわち高レベルの再資源化から順に再資源化のレベルが落ちながら何度も再資源化を繰り返すことを前提として、4-3 で示した各再資源化手法を組み合わせ以下に 3 つのシナリオを作る。

- ・ リユース型 (RU 型) : 解体→リユース→解体→マテリアルリサイクル  
→サーマルリサイクル→最終処分
- ・ マテリアルリサイクル型 (MR 型) : 解体→マテリアルリサイクル  
→サーマルリサイクル→最終処分
- ・ サーマルリサイクル型 (TR 型) : 解体→サーマルリサイクル→最終処分

ここで、解体、リユース、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクル、最終処分の各段階の使用時間はそれぞれ 0、60、30、0、0 年とする。

<sup>81</sup> 「サステイナブルハウジング」p.35 資源循環型住宅技術開発プロジェクト編、東洋経済新報社、2003

## 5章 5-4 ライフサイクル全体における分析

よって、再資源化段階の各シナリオの CO<sub>2</sub>排出量と、使用時間を表 5-3-1 を参考に算出すると以下のようになる。

- リユース型 (RU 型) の CO<sub>2</sub>排出量は、 $31+23+31+77+10+7=179\text{kg}\cdot\text{CO}_2/\text{m}^3$   
リユース型 (RU 型) の使用時間は  $60+30=90$  年
- マテリアルリサイクル型 (MR 型) の CO<sub>2</sub>排出量は、 $31+77+10+7=125\text{kg}\cdot\text{CO}_2/\text{m}^3$   
マテリアルリサイクル型 (MR 型) の使用時間は 30 年
- サーマルリサイクル型 (TR 型) の CO<sub>2</sub>排出量は、 $31+10+7=58\text{kg}\cdot\text{CO}_2/\text{m}^3$   
サーマルリサイクル型 (TR 型) の使用時間は 0 年

5章 5-4 ライフサイクル全体における分析

(2) シナリオ別のCO<sub>2</sub>排出量と使用時間

生産段階、使用段階、再資源化段階各3つのシナリオについて、CO<sub>2</sub>排出量、使用時間を以下の図5-4-1に示す。

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	使用時間	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)	解体古材を部材としてリユースする。その後ボードにリサイクルし、サーマルリサイクル、最終処分を行う。	90年	179
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を製造する。その後バイオマス発電の燃料とし、サーマルリサイクル、最終処分を行う。	30年	125
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、最終処分を行う。	0年	58
			解体によるCO <sub>2</sub> 排出量:31						

図5-4-1 建築用木材のライフサイクルにおける各段階のシナリオ

(3) ライフサイクルモデルの作成と考察

建築用木材のモデル化の際には、建築用木材の様々なLCを捉え、LCCO<sub>2</sub>の値と使用時間について可能な限り幅のあるモデルを作り、LCCO<sub>2</sub>の計算結果に大きな影響を及ぼす要因について考察することを重視している。

(2)で示した生産段階、使用段階、再資源化段階各3つのシナリオを組み合わせると27ものモデルができるが、ここでは以下の表5-4-1に示すように4通りのシナリオ(①~④)の組み合わせ方を考える。

表5-4-1 LCモデルの組み立て方

組み合わせ方	生産段階	使用段階	再資源化段階
①	A型・J型・I型	45年	MR型
②	J型	30・60・90年	MR型
③	J型	45年	RU型・MR型・TR型
④	A型・J型・I型	α型:90年	RU型
		β型:60年	MR型
		γ型:30年	TR型

表中の色つきの部分がパラメーターとして変化させる部分である。①では生産方式の違い、②では住宅としての使用時間の違い、③では再資源化の程度と再資源化製品としての使用時間の違いをパラメーターとし、各パラメーターの変化によってどの程度計算結果が変化するかを見ることで各パラメーターの影響度を測る。最後に④では、生産段階、使用段階、再資源化段階の各段階においてパラメーターを変化させ、建築用木材のLC使用時間が最長の場合と最短の場合を示し、建築用木材のLCの幅を捉えた上で分析を行う。そのために、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。次ページ図5-4-2に④の建築用木材のLCモデルを示す。各モデルはA- $\alpha$ のように表記することとする。

図 5-4-2 建築用木材のライフサイクルモデル

生産段階		使用段階の使用年数	再資源化段階	LC使用時間
A型	$\alpha$	90年	RU型(90年)	180年
J型	$\beta$	60年	MR型(30年)	90年
I型	$\gamma$	30年	TR型(0年)	30年

次に、分析の指標について述べる。これまでシナリオごとにCO<sub>2</sub>排出量を求めてきたが、ここではLCモデルの組立により以下の3つの指標で分析を行うことが可能となる。

- ・ LCCO<sub>2</sub> : 各シナリオのCO<sub>2</sub>排出量を足し合わせて算出
- ・ LC使用時間 : 使用段階の使用時間と再資源化段階の使用時間を足し合わせて算出
- ・ 単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量 : LCCO<sub>2</sub>/LC使用時間で算出

以下、順に分析結果を示す。

## 5章 5-4 ライフサイクル全体における分析

### ①生産方式を変化させた場合

生産段階をA, J, I型と変化させ、使用時間45年、再資源化はMR型と固定した場合のLCCO<sub>2</sub>、LC使用時間、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量の計算結果は以下の表5-4-2のようになった。これを見ると、生産段階のシナリオ間のCO<sub>2</sub>排出量にあまり差が見られなかったことより、LCCO<sub>2</sub>、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量にもあまり差が見られなかったことが分かる。ただし、A型の製材加工段階において、木くず焚きボイラーで製材乾燥を行っているT社製材工場の値を採用すると、LCCO<sub>2</sub>、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量は25%程度削減される。また、T社製材工場の値とI型のM社製材工場の値はほぼ等しかったが、I型では海上輸送のCO<sub>2</sub>排出量が大きかったために、A、J型よりもLCCO<sub>2</sub>が大きくなったことも指摘できる。

よって、生産方式の中では、製材乾燥の燃料の選択と、長距離輸送の有無がLCCO<sub>2</sub>、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量に大きな影響を及ぼすといえる。ここで長距離輸送は国際輸送を指す。国内の輸送距離の長さに関してはA型とJ型でLCCO<sub>2</sub>、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量に大きな違いが見られなかったことより、極端に非効率な輸送を行わない限りそれほど大きな影響は及ぼすことはないと考えられる。

表 5-4-2 生産方式に着目したLCCO<sub>2</sub>計算結果

(単位：LCCO<sub>2</sub> (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>)、LC使用期間(年)、LCCO<sub>2</sub>/LC使用時間 (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>・年)

モデル名	LCCO <sub>2</sub>	LC使用時間	LCCO <sub>2</sub> /LC使用時間
A-MR	305	75年	4.1
J-MR	321	75年	4.3
I-MR	338	75年	4.5
A-MR (T製材業者)	234	75年	3.1

### ②住宅としての使用時間を変化させた場合

住宅としての使用時間を長期(90年)、中期(60年)、短期(30年)と変化させ、生産方式はJ型、再資源化はMR型に固定した場合のLCCO<sub>2</sub>、LC使用時間、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量の計算結果は以下の表5-4-3のようになった。

これを見ると、住宅としての使用時間が長期になるほどLC使用時間も長期化し、LCCO<sub>2</sub>は同値であるものの単位時間CO<sub>2</sub>排出量は大きく削減された。これより、住宅としての使用時間は単位時間あたりのCO<sub>2</sub>排出量に大きな影響を及ぼすといえる。ただし、今回の試算は仮想的なものであり、使用段階においては補修などを行わず、CO<sub>2</sub>排出はないものと考えていることに注意が必要である。実際に、住宅を90年以上長期に使用するとなった場合には、補修や部材の断面を太くするなどの更なる資源の消費が行われると考えられ、一概に使用時間の長期化が環境負荷を低減するとはいうことはできない。すなわち、使用時間長期化により新たに発生する環境負荷と、長期化により発揮されるCO<sub>2</sub>固定機能のバランスが重要となってくる。

表 5-4-3 木造住宅としての使用時間に着目したLCCO<sub>2</sub>計算結果

(単位：LCCO<sub>2</sub> (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>)、LC使用期間(年)、LCCO<sub>2</sub>/LC使用時間 (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>・年)

モデル名	LCCO <sub>2</sub>	LC使用時間	LCCO <sub>2</sub> /LC使用時間
J-MR(長期)	321	120年	2.7
J-MR(中期)	321	90年	3.6
J-MR(短期)	321	60年	5.4

## ③再資源化の程度と再資源化製品としての使用時間を変化させた場合

再資源化段階をRU型(90年)、MR型(30年)、TR型(0年)とと変化させ、生産方式はJ型、住宅としての使用時間は45年に固定した場合のLCCO<sub>2</sub>、LC使用時間、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量の計算結果は以下の表5-4-4のようになった。

これを見ると、再資源化レベルが向上すると、LCCO<sub>2</sub>も増加するが、同様にLC使用時間も長期化し、単位時間あたりのCO<sub>2</sub>排出量でみると再資源化レベルの向上するほどCO<sub>2</sub>排出量が削減されるということが分かった。これより、再資源化レベルの向上は、LCCO<sub>2</sub>増加と、LC使用時間の長期化という正負両面の影響を及ぼすが、再資源化製品としての使用時間を適切に確保すれば、環境負荷削減に効果があるということが出来る。

表5-4-4 再資源化の程度と再資源化製品としての使用時間に着目したLCCO<sub>2</sub>計算結果  
(単位：LCCO<sub>2</sub> (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>)、LC使用期間(年)、LCCO<sub>2</sub>/LC使用時間 (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>・年)

モデル名	LCCO <sub>2</sub>	LC使用時間	LCCO <sub>2</sub> /LC使用時間
J-RU	375	135年	2.8
J-MR	321	75年	4.3
J-TR	254	45年	5.6

## ④木材のLCの幅を最大限捉えることに着目した場合

生産方式をA、J、I型、使用段階+再資源化段階を $\alpha$ (90年—RU型)、 $\beta$ (60年—MR型)、 $\gamma$ (30年—TR型)と変化させた場合のLCCO<sub>2</sub>、LC使用時間、単位時間あたりCO<sub>2</sub>排出量の計算結果は以下の表5-4-5のようになった。

表5-4-5 木材のLCの幅に着目したLCCO<sub>2</sub>計算結果  
(単位：LCCO<sub>2</sub> (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>)、使用期間(年)、LCCO<sub>2</sub>/使用時間 (kg-CO<sub>2</sub> /m<sup>3</sup>・年)

モデル名	LCCO <sub>2</sub>	使用時間	LCCO <sub>2</sub> /使用時間
A- $\alpha$	359	180年	2
A- $\beta$	305	90年	3.4
A- $\gamma$	238	30年	7.9
J- $\alpha$	375	180年	2.1
J- $\beta$	321	90年	3.6
J- $\gamma$	254	30年	8.5
I- $\alpha$	392	180年	2.2
I- $\beta$	338	90年	3.8
I- $\gamma$	271	30年	9

## 5章 5-4 ライフサイクル全体における分析

---

今回設定した 9 つのモデルでは、生産段階(A、J、I 型)ごとに見れば、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の順に  $LCCO_2$ の値は小さくなり、LC 使用時間は短くなり、単位時間当たりの  $CO_2$ 排出量は大きくなった。また、生産段階で最も  $CO_2$ 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  $LCCO_2$ /使用時間は小さくなった。

これより、 $\alpha$ のように住宅としての使用時間を長く取り、さらに再資源化を繰り返すと  $LCCO_2$ 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  $CO_2$ 排出量は大きく削減できるといえる。また、生産段階のシナリオごとの  $CO_2$ 排出量の差が及ぼす影響は  $LCCO_2$ で見るととても小さく、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の  $CO_2$ 排出量と使用時間の差の影響が非常に大きい。

ただし、今回の試算では生産段階の各シナリオ間の  $CO_2$ 排出量が合計ではそれほど大きな差が出なかったため、①で指摘したように生産段階の中でより  $CO_2$ 排出量の少なくなる生産方法を選択すれば、 $LCCO_2$ の値もある程度削減することができるであろう。

なおこのライフサイクルモデルは木造住宅が使用期間を終えて解体され、解体材が再資源化される状態を表したものである。そのため、建築用木材製品の生産段階において発生する端材などの副産物に関して適用する場合には、生産段階、再資源化段階の  $CO_2$ 排出量の値と、使用段階の値を変更する必要がある。すなわち、生産段階の値としては対象の副産物が発生する小段階までの  $CO_2$ 排出量を、使用段階の値は 0 年とする。再資源化段階においては解体による  $CO_2$ 排出量は算入する必要がない。

また、このライフサイクルモデルでは“時間”という指標を組み込むことにある程度成功しているが、木材の“大きな循環”につながる森林での  $CO_2$ 吸収量や成長時間も考慮することはできていない。

本章では、建築用木材のライフサイクルモデルの提案を行った。そして、生産方式の中でも製材乾燥燃料の選択と長距離輸送の有無、さらに木造住宅としての使用時間、再資源化レベルが  $LCCO_2$ 、LC 使用時間、単位時間当たりの  $CO_2$ 排出量に影響を及ぼしているということが分かった。

**6章 資源循環促進のための方策に関する考察**

---

- 6-1 方策の分類
- 6-2 事例調査の結果
- 6-3 資源循環促進のための方策に関する考察

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

5章においては、CO<sub>2</sub>排出量を評価軸として木材の環境性能を表し、生産方式や再資源化方法、使用期間などによってCO<sub>2</sub>排出量がどのように変化するか、CO<sub>2</sub>排出量に大きな影響を及ぼす影響因子について考察を行った。しかし、CO<sub>2</sub>排出量をはじめとする環境性能という新しい価値基準のみで現状の木材の資源循環の実態を評価・改善することは現実的ではないと考えられる。立木が森林で伐採され、製材工場まで輸送され、製材加工を施され木質系建材となり、出荷、木造住宅で使用され、ある程度の使用期間が経過した後解体され、再資源化され、最終的に最終処分場に埋め立てられる、この複雑なライフサイクルの中では環境評価よりむしろ経済的要因・社会的要因などが働き、木材がどのようなライフサイクルをたどるのが決定されている。

そこで、本章では木材の資源循環を円滑に行うために効果があると考えられる方策の中で、現在とられている16の方策を対象として取り上げ、その狙いと実際の効果について考察する。方策の事例検討、およびその考察の際には、これまで行ってきた資源循環に関する聞き取り調査を参考にしている。

そして、個々の方策の中に5章で明らかになったような環境評価はどのように組み込まれているのかを明らかにする。

### 6-1 方策の分類

資源循環を円滑に進めるために効果のある方策には、これまで見てきた木材のライフサイクル全体を対象としたものは少なく、ライフサイクル内の一部を対象としているものが多い。各方策は資源循環を円滑に進めることのみが目的ではなく、たいていの場合経済的あるいは社会的な要求が第一にあって、それを満たすために運用されている。また、方策に実効性を付与する（インセンティブを与える、与えられる場合もある）手法、原動力となるものには行政の規制や助成、経済性といった影響力の強いものから、CSR活動、木材への愛着など企業・個人の志向まで様々なものがある。

以下表6-1-1に、ここで対象とする16の方策について対象・インセンティブの与え方（あるいは与えられ方）を整理したものを示す。

6章 資源循環促進のための方策に関する考察

表 6-1-1 現状で行われている資源循環促進に効果のある方策

事例No.	方策の名称	木材のライフサイクルの中で対象とする段階	インセンティブの与え方(または与えられ方)
1	森林・林業基本計画	森林維持管理	行政方針(木材需要開拓)
2	間伐補助制度		行政補助
3	森林認証制度		付加価値(トレーサビリティ確保)
4	新生産システム	生産(製材加工)	行政補助、経済性(生産性向上)
5	伝統的製材技術		経済性(歩留まり向上)、木材への愛着
6	大規模製材工場の自社内完結型システム		経済性(副産物の有効活用)
7	ウッドマイルズ	輸送	付加価値(輸送距離の明示)
8	公共建築の木造化	使用	行政方針(木材需要開拓)
9	地域材認証制度		付加価値(トレーサビリティ確保)
10	顔の見える家づくり運動		付加価値(トレーサビリティ確保)、行政方針
11	建設リサイクル法	再資源化	行政規制(建設発生木材の再資源化義務化)
12	古材リユース		トレンド(古材流行)、経済性(古材需要増加)
13	古民家移築再生		文化財保護、トレンド(古材流行)、経済性(古材需要増加)
14	住宅メーカーの再生建材製造		CSR、経済性(副産物の有効活用)
15	解体材等からのパーティクルボード製造		経済性(解体材処分費収入)
16	バイオマス発電		経済性(安価な解体材チップ)、行政補助・方針

## 6-2 事例調査結果

ここでは調査事例の概要を対象ごとに分類して順に示す。

## ■森林段階を対象とした方策

事例①	森林・林業基本法及び森林・林業基本計画
運用者	農林水産省・林野庁
対象	日本国内の森林・林業
目的	日本国内の森林及び林業に関する各種施策の基本的方向性の提示
インセンティブの 与え方	目標値の設定 基本計画に基づいて策定される各施策による交付金・税制補助等
資源循環促進への 寄与	森林整備・林業振興による木材の資源循環フローの安定化（スターと 地点の原料が確保される）、森林の炭素固定能力向上、伐採・製材効率 向上
調査方法	林野庁木材産業課聞き取り調査及び関連資料の文献調査

2001年7月、21世紀における森林及び林業に関する施策の基本的指針として「森林・林業基本法」が施行された。森林・林業基本法を元に同年10月に政府が森林・林業基本計画を策定し、これにもとづいて様々な施策を計画的に推進してきたが、その後の森林及び林業を取り巻く社会情勢の変化に伴い、2006年9月に基本計画の見直しを行い、新たな基本計画を策定した。現在はこの第2期基本計画のもと、農林水産省・林野庁が中心となって森林及び林業に関する施策を総合的かつ計画的に推進している。また、基本計画は今後20年間程度を見通して定められているが、今後の社会情勢の変化と施策の効果に対する評価を踏まえておおむね5年後とに見直し、変更を行うものとされている。

基本計画では、「森林の有する多面的機能の発揮に関する目標」、「林産物の供給及び利用に関する目標」の2種類の目標を掲げている。

一つ目の「森林の有する多面的機能の発揮に関する目標」設定の背景には、戦後拡大造林政策下で造林されてきた人工林の間伐などの施策が十分に実施されていないのみならず、伐採しても再び植林が行われない状況も一部に見られており、このまま森林の適正な整備がなされない状況が続けば、森林とくに人工林の荒廃が進行し深刻な影響を及ぼすことが懸念されていることがある。実際に、局地的な豪雨の頻発により産地災害が発生し、流木を伴う土砂の流出による災害が見られている。また、地域的な洪水・渇水が発生しやすい状況下では、森林のもつ国土保全機能に期待が集まっているほか、2001年の国連気候変動枠組み条約第7回締約国会議（COP7）で採択された京都議定書の運用ルールを定めてマラケシュ合意において、日本は森林吸収分として1300万炭素t、基準年排出量の3.9%を確保し、2005年に京都議定書が発効したことを受けて、森林吸収源として森林の果たす役割に注目が集まっている。

こうした社会情勢を受けて、基本計画では森林を整備及び保全していく上で重視すべき機能に応じて、「水土保持林」<sup>82</sup>、「森林と人との共生林」<sup>83</sup>及び「資源の循環利用林」<sup>84</sup>の3

<sup>82</sup> 水土保持林の定義は、「樹木等の空間が確保され適度な光が差し込むことにより下層植生が成育し、落葉等の有機物が土壌に豊富に供給されており、また、下層植生とともに樹木の根が深く広く発達することにより土壌を保持する能力に優れ、さらに、水を浸透させる土壌中の隙間が十分に形成されることにより保水する能力が優れた森林であり、必要に応じて土砂の流出及び崩壊を防止する施設等の治山施設が整備されている森林」

<sup>83</sup> 森林と人の共生林の定義は、「原生的な自然環境を構成し、貴重な動植物の生息・生育に適している森林、街並み、史跡、名勝等と一体となって潤いのある自然景観や歴史的風致

6章 資源循環促進のための方策に関する考察

つに区分し、その区分にふさわしい森林の整備及び保全を推進することとしている。具体的な方策としては、育成単層林（1樹種のみで構成される森林）を帯状または群状伐採や天然更新などの施業コストの低い手法を活用しながら育成複層林に誘導する、林道路網と高性能林業機械を組み合わせることで効率的な作業システムの普及及び定着を行うことがあげられる。急峻な日本の森林において林道路網の整備は欠かせないものであり、望ましい林道距離の目安は現在の約13万kmから26万kmに延長することである。以下表6-2-1に各森林区分の整備目標を示す。

表 6-2-1 森林の有する多面的機能の発揮に関する目標<sup>85</sup>

	2005年	目標とする森林の状態		(参考) 指向する森林の状態
		2015年	2025年	
水土保全林(万ha)				
育成単層林	730	730	720	410
育成複層林	70	90	130	540
天然生林	900	870	850	750
森林と人との共生林(万ha)				
育成単層林	40	40	40	20
育成複層林	10	10	10	40
天然生林	270	260	260	260
資源の循環利用林(万ha)				
育成単層林	270	270	260	240
育成複層林	20	20	30	100
天然生林	220	220	210	170
総森林面積(万ha)				
育成単層林	1,030	1,030	1,020	660
育成複層林	90	120	170	680
天然生林	1,380	1,350	1,320	1,170
合計	2,510	2,510	2,510	2,510
総蓄積(百万m <sup>3</sup> )	4,340	4,920	5,300	5,450
haあたり蓄積(m <sup>3</sup> )	173	196	211	217
総成長量(百万m <sup>3</sup> )	81	69	58	54
haあたり成長量(m <sup>3</sup> )	3.2	2.8	2.3	2.1

表6-2-1を見ると、最終目標と2025年までの目標との値の差に驚かされる。森林の構成を変え、施業システムを整える方策は100年単位でその効果が現れるため仕方のないことではあるが、戦後の拡大造林により日本に古くからあった複層林が単層林に徐々に置き換えられてしまった背景にはこうした長期的な森林維持管理の視点が欠けていたためではないかとも考えることができる。数百年後に、現在設定されている目標値が達成されれば、森林の適切な維持管理により、木材の資源循環の土台が支えられるようになるであろう。また、資源の循環利用林においては、旺盛な炭素固定により炭素固定量の増加が望め、また施業システムの合理化により伐採工程・輸送工程のCO<sub>2</sub>排出量の削減も臨むことができる。

を構成している森林、騒音や風などを防ぎ生活に潤いと安心を与える森林、身近な自然とのふれあいの場として適切に管理され、住民等に憩いと学びの場を提供している森林であり、必要に応じて保険・文化・教育的活動に適した施設が整備されている森林」

<sup>84</sup> 資源の循環利用林の定義は、「樹木の生育に適した土壌を有し、木材として利用する上で良好な樹木により構成され、成長量が高く二酸化炭素の固定能力が高い森林であって、意匠のまとまりがあり、林道などの基盤施設が適切に整備されている森林」

<sup>85</sup> 「森林・林業基本計画」(2006,9) 農林水産省より引用

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

基本計画の第一目標が、森林の適正な維持管理を目標としているのに対し、第二目標「林産物の供給及び利用に関する目標」はより木材の資源循環に関連の深い目標となっている。第一目標が次第に達成されて木材が供給される中で、この木材に対する需要を確保し、適切に利用することにより伐採、植栽、保育という木材のサイクルが円滑に循環させ、林業を持続的に発展させることができる。

具体的な方策としては、林業経営の規模の拡大、森林組合などの林業事業者による施行等の集約化の推進、製材加工の大規模化のための支援の選択と集中（事例 新生産システム）、消費者のニーズに対応した製品開発や供給・販売戦略の強化（事例 製材品における乾燥材の生産強化、事例 顔の見える家づくり）、海外市場の積極的拡大、木質バイオマスの総合利用の推進（事例 木質ボード、事例 バイオマス発電）などがあげられる。以下の表 6-2-2, 3<sup>86</sup>に木材の供給及び利用に関する目標値を示す。

表 6-2-2 木材の供給目標

単位: 百万m <sup>3</sup>		2004年 (実績)	2015年 (目標)	2025年 (参考)
木材供給量		17	23	29
内訳	水土保全林	/	16	18
	森林と人との共生林		1	1
	資源の循環利用林		6	10

表 6-2-3 用途別の利用の目標

単位: 百万m <sup>3</sup>	利用量		総需要量	
	2004年 (実績)	2015年 (目標)	2004年 (実績)	2015年 (見通し)
製材用材	11	14	37	333
パルプ・チップ用材	4	5	38	41
合板用材	1	3	14	15
その他	1	1	2	2
合計	17	23	91	91

表 6-2-2, 3 を見ると、国産材の供給量を 2015 年までに 6 百万 m<sup>3</sup> 増加させ、そのうち製材用材として 3 百万 m<sup>3</sup> の増加を目標としている。この目標達成のために、事例 軸組み構法住宅における国産材のシェア向上などの方策が取られている。

森林・林業基本計画は、政府の森林・林業に関する政策の基本方針を定めたものであり、具体的な施策を定めるものではない。（政府の具体的施策については事例②などを参照）ただし、戦後の拡大造林の方針から一転し、森林の果たす役割を水土保全、文化・教育、木材生産・炭素固定の 3 つに分け、森林構造の変革を目指すことを掲げたこと、森林の伐採・植栽・保育のサイクルを維持するために製材産業をはじめとした木材関連業者の効率化・大規模化・多角化を宣言したことは日本の森林・林業に関する方針の大きな変化である。この基本計画によって、持続可能な森林経営が可能となり、効率的かつ再資源化率の高い伐採・製材システムが構築されれば、木材の資源循環を十分に促進することができると考えられる。

<sup>86</sup> 「森林・林業基本計画」（2006,9） 農林水産省より引用

事例②	間伐に対する補助制度
運用者	林野庁・地方自治体
対象	間伐作業
目的	間伐を促進し、森林の適切な維持管理を目指す 搬出間伐に関しては間伐材の利活用も合わせて目指す
インセンティブの 与え方	水土保持林整備事業・資源循環林整備事業による補助 地方自治体が単独で行う補助
資源循環促進への 寄与	間伐促進による森林の適切な維持管理による資源循環フローの安定化
調査方法	林野庁木材産業課聞き取り調査及び関連資料の文献調査

間伐に対する補助には、林野庁の水土保持林整備事業などによるものと、地方自治体独自の財源によるものがある。そもそも間伐とは、成長過程で立木数が過密になった森林に対して、本数を調整するために行うもので、間伐を行わないと森林の保水性が損なわれたり、価値の低い径の細い立木ばかりの森林になってしまうことがいわれている。間伐を促進するために、林野庁の補助事業では11年生～45年生の森林を対象に、間伐作業の形態（間伐材を林地に放置する切捨て間伐（主に30年生以下の細い径の間伐材中心）か、林地から搬出して製材加工する搬出間伐（40～45年生の比較的太い径の間伐材中心）かなど）や、作業率などの条件によって、1haあたり4万円程度から30万円程度の補助金額が支給される。地方自治体の補助制度では、各自治体の森林状況に合わせて（間伐が必要な樹齢の構成比、現状の間伐率、森林所有形態など）、補助対象の設定や、補助金額が決定されている。自治体によっては、補助金額75%超の手厚い補助がなされることもある。

ただし、現在の原木価格の低下や、木材の複雑な流通構造による中間コストの増加により、間伐補助を受けても間伐に関わるコストの収支がほぼ0、あるいはマイナスとなってしまうことが指摘されている。以下に、間伐の収支計算例<sup>87</sup>を示す。

1haあたり	生産経費+販売経費	補助金額	自己負担金
切捨て間伐	170,000円	121,000円	49,000円
搬出間伐	298,000円	213,000円	85,000円

（平成13年白神森林組合資料より）

原木を出荷する場合、補助金額も大きくなるが搬出作業が余計にかかる分自己負担金は大きくなる。製材所で原料とすることができる最小の径が約14cmで、1m<sup>3</sup>あたり13,000円ほどで販売されるため、搬出間伐で収支をプラスにするためには最小でも1haあたり7m<sup>3</sup>を販売する必要がある。平均的な間伐で1haあたり販売可能な径の原木が10～15m<sup>3</sup>であるので、これら全てを販売することができれば収支はプラスになるが、利益は数万円程度に過ぎない。

こうした間伐に対する補助は、上記の試算結果に見るように間伐の収支をマイナスからプラスに劇的に変え、森林所有者の間伐並びにその他の森林施業に対する意欲を向上させるまでには至ってはいないが、それでも適切な管理運営を促進し、木材の資源循環フローの安定化に働いている。また、近年は径の細い間伐材が合板原料として積極的に利用されるようになっており、こうした面では、木材の資源循環フローの原料供給という働きも挙げられる。

<sup>87</sup> モクネット HP より抜粋 ([http://mokunet.or.jp/index\\_2002.html](http://mokunet.or.jp/index_2002.html)) 2008/01/18 確認

事例③	森林認証制度
運用者	緑の循環認証会議 (SGEC) など
対象	持続可能な森林経営のなされた森林および、そこから生産された木材の加工流通業者
目的	持続可能な森林を認証することで他の森林から差別化を行う
インセンティブの与え方	認証によるトレーサビリティの確保
資源循環促進への寄与	認証基準以上の森林の適切な維持管理による資源循環フローの安定化、加工流通段階の効率化
調査方法	林野庁木材産業課聞き取り調査・FSC 森林認証取得団体 M 組合聞き取り調査及び現地調査・関連資料 <sup>88</sup> 文献調査

森林認証制度とは、「持続可能な森林経営の基準・指標」<sup>89</sup>にしたがって森林経営が行われていることを第三者機関が評価・認証する制度である。現在世界には 5 つの代表的な森林認証制度があり、その中でも FSC と PEFC の 2 制度の流れに他の制度が合流する展開となっている。世界の認証森林面積は 1.5 億 ha で世界の森林面積の約 4%となっている。<sup>90</sup>また、認証森林は地域的に偏在しており、世界の認証森林の 9 割以上が欧米諸国などのいわゆる先進国に所在し、熱帯林には少ない。

日本においてはこれら国際的な森林認証制度に加えて、2003 年 6 月に緑の循環認証会議が運営する SGEC 認証制度がスタートした。FSC、PEFC、SGEC の特徴、2005 年末現在の日本国内の認証森林面積と CoC 認証<sup>91</sup>取得事業者数をまとめると以下のようなになる。

<sup>88</sup> 「木材流通実態調査 報告書」,林野庁、2004・2005

<sup>89</sup> 1992 年の国際環境開発会議 (リオサミット) で提唱された考え方。「森林資源及び森林は、現在及び将来の人々の社会的、経済的、生態的、文化的、精神的なニーズを満たすために持続的に経営されるべきである」としている。

<sup>90</sup> 「森林認証材市場の国際動向—国内の市場開発を展望して—」、「木材情報」2004 年 12 月号 p1、根本昌彦

<sup>91</sup> 認証された森林から生産された木材の加工流通認証、製紙業者・製材加工業者・流通業者が主に取得する。

表 6-2-5 各森林認証制度の特徴と日本国内の取得状況

名称	内容	認証森林面積 (ha)	CoC 認証取得事業者数
FSC(Forest Stewardship Council)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1993 年に WWF(世界自然保護基金)を中心に発足。</li> <li>世界規模で森林認証を実施。10 の原則と 56 の基準に基づき、認定された審査機関が認証審査を実施。</li> <li>国別、地域別基準などの設定が可能。</li> <li>認証森林面積は全世界で約 4,654 万 ha(2004, 11 現在)</li> </ul>	267,706	283
PEFC(Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1999 年にヨーロッパ 11 カ国の民間団体により設立。</li> <li>ヘルシンキプロセスなどの基準と指標に基づく各国の認証スキームを設定。</li> <li>現在、ヨーロッパの 17 の認証スキームが傘下に入っている他、アメリカ、カナダなどを含む 29 カ国の認証スキームが加盟。</li> <li>認証森林面積は全世界で約 5,778 万 ha(2005, 2 現在)</li> </ul>	0	10
SGEC(Sustainable Green Ecosystem Council)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2003 年に日本独自の森林認証制度として設立。</li> <li>7 基準と 35 の指標により緑の循環認証会議が審査・認定を行う。</li> <li>認証森林面積は日本国内のみで焼く 20 万 ha(2005, 12 現在)</li> </ul>	204,872	11

日本国内では、FSC 森林認証と SGEC 森林認証制度が積極的に活用されている。2007 年 2 月に聞き取り調査を行った諸塚村企画課の例を挙げると、諸塚村では、2004 年に村全体で FSC 森林認証を取得し、さらに森林組合や製材工場が CoC 認証を取得した。森林認証取得までには数回の審査があり、森林の管理状況や製材工場状況、FSC 材の有効な販路として期待される産直住宅（事例 顔の見える家づくり）の施工実績やモデルハウスの視察、担当者インタビューなどが行われた。FSC 認証（とくに CoC 認証もともに取得していることが大きい）取得により、諸塚村では丁寧に管理された認証林から伐採、製材された FSC 認証材を他の材から選別した状態で市場に出すことができるようになり（トレーサビリティの確保）、消費者へのアピールに有効に活用している。また、メディアに取り上げられることも多くなったということであった。ただし、企画課としては FSC 森林認証はあくまで諸塚材を積極的に使用してもらうための手段であり、森林認証を取得したからといって、材の価格が高く取引されるというような事はないとのことであった。

こうした森林認証制度は、日本においては特殊な取り組みとみなされており、その効果としてはトレーサビリティの確保という強みによって、他の製品から差別化を行えることがある。また、森林認証取得のための準備段階において、森林管理の方法や流通システムの再構築などが行われる。森林認証制度が木材の資源循環促進のために果たす役割としては、適切な森林管理を促し資源循環フローを安定化すること、CoC 認証により生産・流通システムの効率化が図られること、認証材の製品が高付加価値製品として価格プレミアがつく場合など生産者の収益が増加し、さらに森林管理・木材供給が促されることがある。

■生産段階を対象とした方策

事例④	新生産システム推進対策事業
運用者	林野庁
対象	全国 11 のモデル地域の林業事業者・製材加工業者のグループ
目的	モデル地域での集約的木材供給体制の構築・他地域への提示
インセンティブの与え方	林業生産流通振興事業補助金、強い林業・木材産業づくり交付金による事業予算の補助 事業集約化による伐採・流通・製材加工のコストダウン
資源循環促進への寄与	施業集約化による伐採・流通・製材加工の効率化 大規模な製材加工施設の整備による大ロットの製材品の安定供給による国産材の供給拡大

新生産システム推進対策事業は、全国 11 のモデル地域において人工林資源を利用しつつ施業・経営の集約化、施業コストの削減、原木供給の確保と山元還元の向上、低コストで安定的な大ロットの生産・流通・加工体制の構築を行い、主に大手ハウスメーカーなど大口の消費者への製品供給を安定的に行うことを推進する事業である。また、林地残材や製材工場算材の発生を最小限にとどめ、原木を最大限有効利用するシステムを構築し、木材の有効活用を一層推進することも掲げている。この事業は 2006 年度からはじまり、事業のタイプによって、3、4、5 年の期間がある。全ての事業が終了する 2010 年度までに事業全体で 75 万 m<sup>3</sup> の木材供給を創出する数値目標が設定されている。

以下の図 6-2-3 に新生産システム推進対策事業のイメージ図<sup>92</sup>を示す。

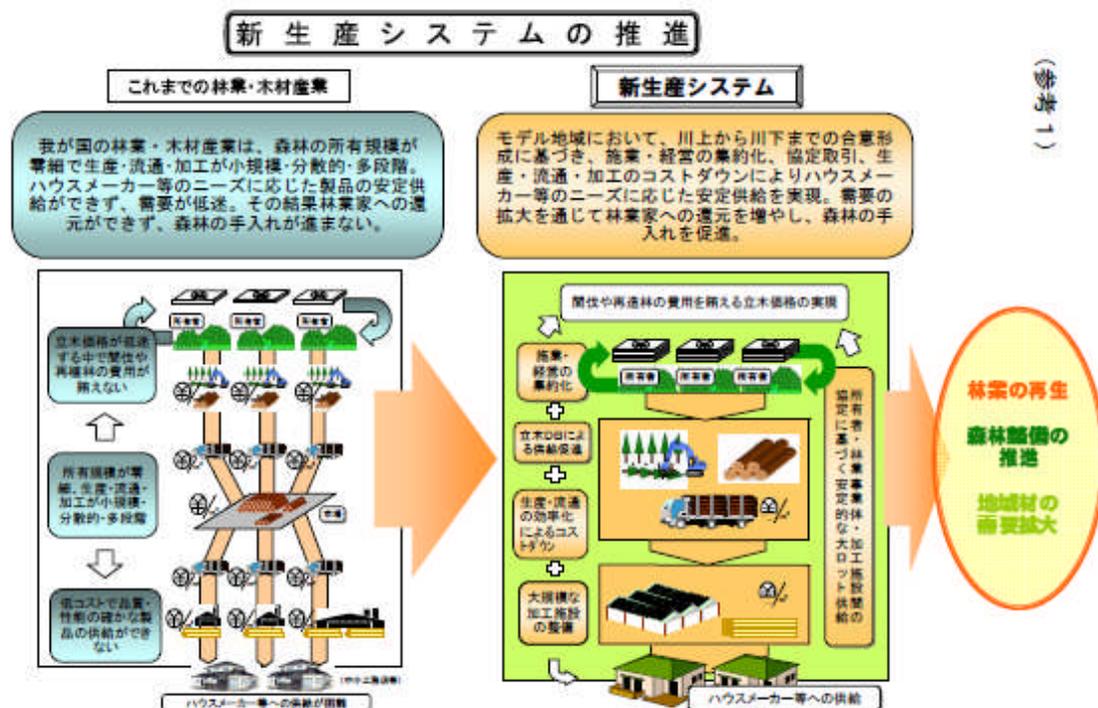


図 6-2-3 新生産システム推進対策事業概要

<sup>92</sup> 林野庁「新生産システム推進対策事業 事業概要」より抜粋

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

新生産システム推進対策事業は、木材流通の川上から川下に至るまで関係主体間の合意形成に基づいて施業の集約化・コストダウンを図るものであり、事例①の「森林・林業基本計画」の第2目標を達成するための具体的な方策である。

ここで対象となる製材工場は、年間原木消費量が1万m<sup>3</sup>以上の大規模工場（全国488工場<sup>93</sup>）及び、年間原木消費量が2千m<sup>3</sup>以上1万m<sup>3</sup>未満の中規模工場（全国2,334工場）である。新生産システムの応募条件にも森林面積10万ha以上、年間原木消費量5万m<sup>3</sup>以上という要綱があり、比較的大規模な製材工場及び林業事業者、流通業者などが集合・連携して供給体制を確立し、スケールメリットを発生させる事業であることが分かる。この新生産システムをはじめとする効率的生産体制が構築されれば、伐採作業や輸送の協働化、原木の一元供給、などが行われると考えられ、各事業者において効率化が進み、資源循環がより促進されると考えられる。

林業・製材業の特性として、業者間の信頼関係を非常に重視し、ともすれば情報の公開に二の足を踏みがちであったりと新規の事業をスタートとさせることが難しいことがあると思う。しかし、こうした新生産システムなどの新規供給体制を構築することは輸入材との競争の激化、消費者の要求水準の高まりなどに対応していくためには必要なことであると考えられる。こうした新規事業を運営していくためには、関連業者間の合意形成が欠かせない。実際に、新生産システムでは外部コンサルタントの役割を重視している。

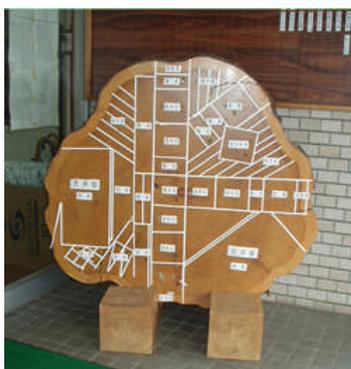
合意形成が円滑に行われ、新しい効率的体制が構築されたときに、はじめて業務の共同化・効率化による各業務のCO<sub>2</sub>排出量の削減、共同回収などによって副産物を一定量安定的に確保し、再資源化を促進することなどが可能になるだろう。

事例⑤	伝統的製材工場における木取り・製材加工技術
運用者	伝統的製材工場
対象	伝統的製材工場に投入される原料丸太
目的	原木の有効活用
インセンティブの与え方	原料の有効活用によるコスト削減 木材への愛着
資源循環促進への寄与	バージン材投入量の削減・廃棄物の削減
調査方法	K製材工場の聞き取り調査及び関連資料文献調査

丸太を外観の形状から見てどのような挽き方をするかを判断し、最もふさわしい（経済的な）墨付けを行い、製材していくことを一般に「木取り」という。聞き取り調査を行ったK製材工場をはじめとする伝統的製材工場においては一本の丸太を無駄なく製品とする木取り技術が伝統的に受け継がれてきており、歩留まり（投入原木量に対する製品量の割合）が55～70%程度と高くなっている。また、製材として利用できない小径丸太や端材からは桶樽や手工芸品の部材をとり、おが粉は近隣の農家や畜産業者で使用され、スギの樹皮は屋根葺き材として使用されていた。今では桶樽の製造も昔ほど盛んには行われておらず、杉皮葺きも古民家の改修に使用されるのみとなっているが、こうした丸太一本を使い切る思想は、投入原料量の削減、廃棄物の削減につながるものであると考えられ、木材の資源循環促進に働きかけているといえるであろう。

<sup>93</sup>農林水産省 平成17年木材統計

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察



秋田スギ木取りの例



端材を利用した桶樽生産



杉皮葺き民家

事例⑥	大規模製材工場における再資源化（バイオマス発電）を組み込んだシステム
運用者	大規模製材工場
対象	大規模製材工場に投入される原料丸太
目的	原木の有効活用
インセンティブの与え方	自社発電による電力削減、副産物・廃棄物の処分費用の削減
資源循環促進への寄与	副産物の再資源化の促進、廃棄物量の削減
調査方法	M 集成材工場、A 合板工場の聞き取り調査及び関連資料文献調査

年間消費原木量が 1 万 m<sup>3</sup>を越えるような大規模な製材工場では、再資源化設備を備え、副産物の再資源化を敷地内で行っている工場が多い。その究極的な形は、北欧諸国で見られるような、パーティクル工場とバイオマス発電所を併設している製材工場であるといえる。聞き取り調査を行った M 集成材工場、A 合板工場では、再資源化設備としてチップパー（チップ製造機）及びバイオマス発電機を備えており、工場内で発生する端材をチップ化し、バイオマス発電の燃料として利用していた。バイオマス発電を維持するためには安定的な燃料の供給が絶対条件であり、大規模な製材工場でならでの取り組みといえるだろう。こうした大規模製材工場における再資源化も組み込んだ生産システムは、副産物の処分を自社内で行うことによる処分費用の削減および、自社発電による電力消費量の削減というメリットがある。資源循環の促進という面では中間処理業者を経由しない再現化フローを構築することによる輸送の効率化、スケールメリットを生かした副産物の再資源化促進という効果があり、一方で自社内にサーマルリサイクル設備を備えることによって、マテリアルリサイクル可能な副産物でもサーマルリサイクルに回してしまうという再資源化のレベル低下を招く危険性がある。

## ■輸送段階を対象とした方策

事例⑦	ウッドマイルズ・ウッドマイレージ
運用者	ウッドマイルズ研究会
対象	日本国内に流通する木材の輸送距離
目的	木材の輸送距離を明らかにし、輸入材と刻産材を比較することで、国産材の環境的優位性を示す。
インセンティブの与え方	木材輸送距離の表示
資源循環促進への寄与	木材輸送距離の短縮、国産材地産地消型住宅の販売促進
調査の方法	ウッドマイルズ研究会 HP( <a href="http://www.woodmiles.net/index.html">http://www.woodmiles.net/index.html</a> ) (2008, 1, 18 確認) 関連資料文献調査

ウッドマイルズ研究会ではウッドマイルズ（木材の輸送距離 単位 km）、ウッドマイレージ（木材の輸送距離と木材量の積 単位  $\text{km} \cdot \text{m}^3$ ）という木材の輸送段階における環境負荷の評価方法を提唱している。ウッドマイルズ研究会のホームページによれば、会が発足したのは2003年、研究会の趣旨としては「住宅に使用される木材の輸送距離を短縮し、輸送エネルギーの削減や地域材需要の活性化を目指すため、木材の産地から消費地までの距離（ウッドマイルズ）に関する指標の開発と普及に関する事業を行い、わが国の地域資源の活用と循環型社会構築へ寄与する」となっている。ウッドマイルズ・ウッドマイレージという指標は、着実に浸透してきており、事例⑦の京都府産材認証制度にも使用されている。この指標・ウッドマイルズ研究会がもたらす効果としては、ウッドマイレージ・ウッドマイルズを計算することで輸送段階における環境負荷について簡単に把握することができ、とくにこれらの値が小さい地産地消型の住宅生産システムにとってはお墨付きを与えられるメリットがある。また一般消費者に木材の輸送距離について考える機会を与えるなど、環境意識の啓蒙効果もあると考えられる。一方で、この指標のみが一人歩きをすると、輸送段階のみの評価指標であるにもかかわらず、ウッドマイルズの小さな製品は生産段階すべてにおいて環境にやさしいとの誤解を招きかねない。この点については、ウッドマイルズ・ウッドマイレージを活用する際注意が必要である。

また、ウッドマイルズ・ウッドマイレージの指標により、輸送距離の短縮、地産地消型の住宅生産システムに客観的なデータの裏づけを与えることができるという面では、資源循環を促進する働きがあるといえることができる。

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

### ■使用段階を対象とした方策

事例⑧	公共施設等の木造化・木質化
運用者	農林水産省・地方自治体
対象	小中学校や体育館などの公共施設、公共土木工事
目的	国産材の利活用促進および使用者に対する環境教育
インセンティブの 与え方	農林水産省として国産材利用方針を策定 木造公共建築の設計コンペ、公共工事発注の際の条件に組み込み
資源循環促進への 寄与	国産材の需要喚起による資源循環フローの安定化
調査の方法	林野庁木材産業課及び設計事務所に対する聞き取り調査

農林水産省・林野庁あるいは地方自治体を中心となって、公共施設などの木造・木質化が進んでいる。農林水産省では、「農林水産省木材利用拡大行動計画」を策定し、公共土木工事や補助事業対象施設などに木材利用を推進している。地方自治体においても、同様の方針を取っている自治体が多く、例えば秋田県能代市においては市内の小中学校の木造校舎への建て替えが進んでいる。聞き取り調査を行った、N設計事務所が設計を行ったA小学校は、ふんだんに秋田スギを使用した校舎となっている。

こうした取り組みは、国産材需要喚起による資源循環フローの安定化に効果があり、またさらに施設利用者への環境教育の意味合いもあるといえるだろう。

事例⑨	京都府産材認証制度
運用者	NPO 法人 地球温暖化防止センター
対象	京都府産材の伐採・製材加工・流通・施工・使用段階
目的	京都府産材の利活用促進
インセンティブの 与え方	トレーサビリティの確保による製品価値の向上（生産者に対して）京 都府産材を利用した住宅に補助（使用者に対して）
資源循環促進への 寄与	地産地消型の住宅生産システムの構築
調査の方法	地球温暖化防止センター及び京都府林務課への聞き取り調査及び参考 資料文献調査

京都府では、京都府林務課及び京都府地球温暖化防止活動推進センターが中心となって「京都府産材認証制度」、およびそれに連動した「環境にやさしい京都の木の家づくり支援事業」が行われている。京都府産材認証制度では、京都府によって認証された取り扱い事業者（素材生産業者・原木市場・製材加工業者、流通販売業者）によって、伐採・製材加工・輸送された木材を京都府地球温暖化防止活動推進センターが京都府産材として認証し、認証書を発行している。各取り扱い事業者間では、取引の際に木材量・輸送距離などを記載した伝票のやり取りが行われ、トレーサビリティが確保される。伝票は京都府地球温暖化防止活動推進センターで取りまとめられ、ウッドマイレージCO<sub>2</sub>が計算される。京都府認証材を使用した住宅の施主はセンターに認証書を発行してもらうことができる。

また、環境にやさしい京都の木の家づくり支援事業では、京都府が認証する緑の工務店・緑の設計事務所が設計・施工を行う京都府内に施工される住宅で、京都府認証材を5 m<sup>3</sup>以上使用したのに対して1 m<sup>3</sup>あたり1万円、最高20万円までの補助金が支給される。現在、スギの中目柱が1 m<sup>3</sup>5万円ほどであるから、この補助金額は最高で木材価格のうち20%ほどの補助率となる。またこのほかに京都地銀など5行の銀行で特別住宅ローンなどの優遇制度を受けることができる。

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

このような地域材認証制度は京都府に限らず、多くの都道府県において取り組まれており、林野庁業務資料によれば2006年度現在、38都道府県、44制度、12万4千m<sup>3</sup>の認証材が流通している。秋田県においても、乾燥秋田スギ認証製品制度、秋田県産優良木材の2制度が運用されている。

こうした地域材認証制度は、秋田スギや吉野スギ、東濃ヒノキなどともと優良材の産地として知られた地域がブランド力強化、ひいては都市部での市場競争力強化のために設立する場合と、京都府産材のようにそれほど優良材の産地としての認知度はない地域がウッドマイレージなどの指標を利用して地産地消型の住宅生産を振興するために設立する場合がある。制度により認証のシステム、補助制度の有無など違いはあるが、こうした地域材認証制度により地域材のブランド力が強化されること、トレーサビリティの確保が行われることは共通している。こうした地域材認証制度が運用されることにより、トレーサビリティの確保された国産材の需要が高まり、また地産地消型の住宅生産システムが促進される。

事例⑩	諸塚方式産直住宅（顔の見える家づくり運動）
運用者	諸塚村企画課・M木材センター・S設計事務所など
対象	諸塚産材
目的	諸塚産材の販売促進
インセンティブの与え方	トレーサビリティの確保による製品価値の向上
資源循環促進への寄与	地産地消型住宅生産方式の促進
調査の方法	諸塚村企画課・M木材センター・S設計事務所聞き取り調査・現地調査及び関連資料文献調査

宮崎県の諸塚村では、1996年より諸塚方式産直住宅を供給しており、現在までに約150棟の施工実績がある。産直住宅の供給システムには様々なものがあるが、諸塚村の場合は諸塚村内のM木材センターで製材加工を行った製材品で、九州圏内に施工する方式となっている。設計者は諸塚村の素材生産業者や製材工場と深い付き合いがあり、設計士に連れられて施主が諸塚村の林地を訪れて自邸に使用される大黒柱の伐採に立ち会うといったことも多い。産直住宅のメリットはこうした顔の見える家づくりができるという点であり、トレーサビリティの確保を施主・使用者自ら行う方式であるともいうことができるだろう。

諸塚方式産直住宅のような「顔の見える木材での家づくり」は近年増加傾向にあり、林野庁業務資料<sup>94</sup>によれば「顔の見える木材での家づくり」のデータベースに登録した団体数、供給戸数は以下の図6-2-4のようになっている。

<sup>94</sup> 「木材産業の体制整備及び国産材の利用拡大に向けた基本方針」、林野庁、2007

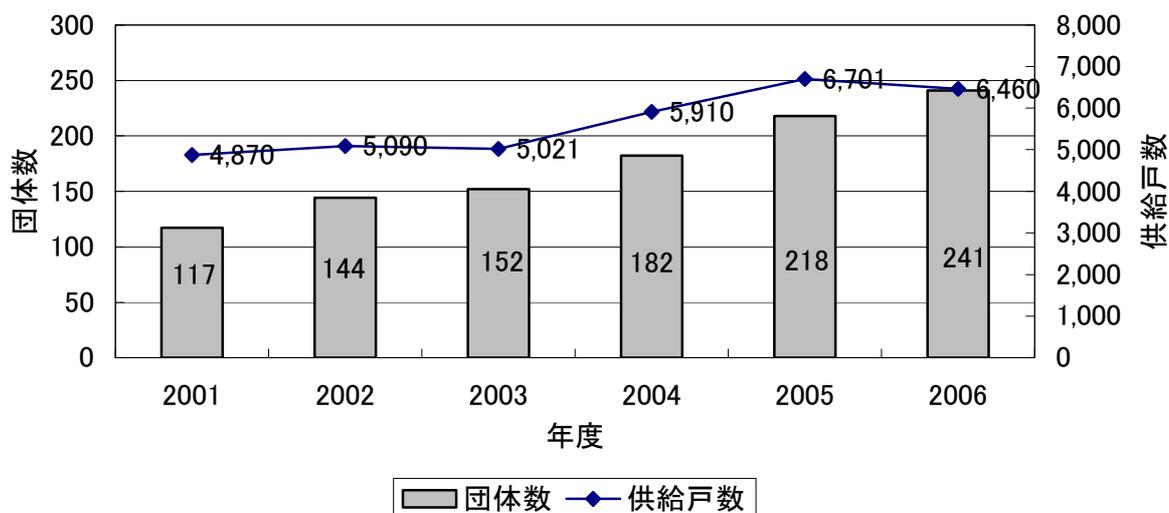


図 6-2-4 顔の見える家づくり事業団体数と供給数の推移

「顔の見える木材での家づくり」データベース<sup>95</sup>に登録されている団体は、供給戸数や供給範囲（産直型（産地と消費地が離れている）のものや地産地消型（産地と消費地が同じあるいは近接）のものが混在）にばらつきがあり、また団体の活動の主導者も製材加工業者や素材生産業者、設計者など様々なパターンがある。森林所有者から素材生産業者、製材加工業者、設計者、大工・工務店などの関係者が一体となって、地域材を活用して消費者のニーズに合わせた特色ある家づくりを行うという基本方針は共通している。また、林野庁の「森林・林業基本計画」にあげられた製材加工体制の整備に関連して、こうした特色ある家づくりの木材供給者として中小製材業者の役割が大きいと指摘されており、2015年までに顔の見える木材での家づくりの団体数を500まで増加させることが目標とされている。こうした産直住宅に代表される顔の見える家づくりの取り組みは、国産材の家づくりを促進し、資源循環フローの促進に寄与しているといえる。

<sup>95</sup> 顔の見える木材での家づくりデータベース 2008/01/19 確認  
<http://iezukuridb.howtec.or.jp/index.html>

## ■ 再資源化段階を対象とした方策

事例①	建設リサイクル法
運用者	国土交通省
対象	解体工事業者、分別解体及び再資源化等
目的	分別解体促進及び特定建設資材廃棄物の再資源化率・再資源化等率の向上
インセンティブの与え方	分別解体及び再資源化等の義務付け
資源循環促進への寄与	分別解体の促進、建設発生木材の再資源化促進、建設業界への再資源化に対する意識向上
調査の方法	関連資料文献調査

2002年から施行された建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律）では、(1)建築物等の分別解体及び再資源化等（建設発生木材に関しては縮減を含む）の義務付け、(2)分別解体及び再資源化等の実施を確保するための措置、(3)解体工事業者の登録制度の創設、(4)再資源化及び再生資材の利用促進のための措置の4つの項目からなる。これにより、解体工事業者の登録と分別解体の徹底、一定規模以上の建設工事（対象建設工事）については特定建設資材廃棄物3品目（コンクリート塊、建設発生木材、アスファルト・コンクリート塊）について再資源化等（木材に関して解体現場から半径50km以内に再資源化施設がない場合縮減も可とされている）が義務付けられた。建設リサイクル法の施行により、各建設副産物の再資源化・再資源化等率がどのように推移したかを図6-2-5<sup>96</sup>で見ると、建設発生木材に関しては建設リサイクル法公布時（平成12年）に再資源化率38%、再資源化等率83%であったものが、施行時（平成14年）には再資源化率61.1%、再資源化等率89.3%、平成17年には再資源化率68.2%、再資源化等率90.7%と再資源化率・再資源化等率共に向上しており、建設リサイクル法によって建設発生木材の再資源化が促進されたことが確認できる。また、建設混合廃棄物量も大きく減少しており、分別解体義務化の効果が見て取れる。ただし、建設発生木材の再資源化・再資源化等率はコンクリートやアスファルトコンクリートと比較すればいまだ低く、国土交通省では再資源化率に関して平成22年度までに65%（平成17年度段階で達成済み）、再資源化等率95%（未達成）の目標値を掲げ、より一層建設発生木材の再資源化等を促進する方針である。

建設リサイクル法は「分別解体・再資源化等の義務化」という拘束力の大きな方策であり、資源循環促進への効果も他の事例と比較にならないほど大きい。ただし、小規模の解体工事は建設リサイクル法の対象とならないこと、建設発生木材に関しては解体工事現場から半径50km以内に再資源化設備がない場合は縮減も許可されることなどの問題点もある。

96 「平成17年度 建設副産物実態調査」、国土交通省、2006

6章 資源循環促進のための方策に関する考察

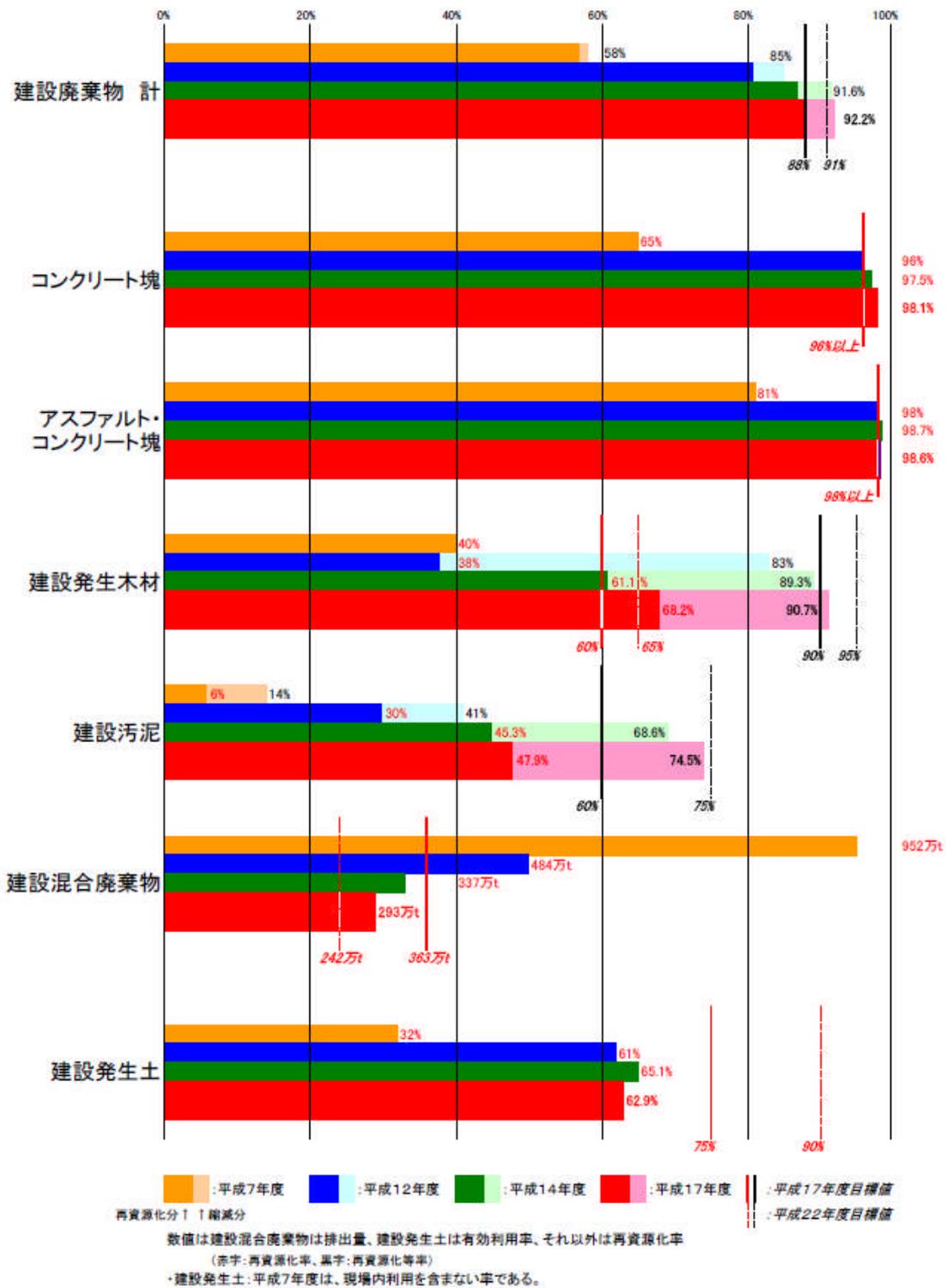


図 6-2-5 建設リサイクル法に関する各種廃棄物の再資源化率推移

事例⑫	古材バンクを介した古材のリユース
運用者	古材バンク
対象	古民家解体により発生する古材
目的	古民家の解体等で発生する古材を、主に内装材として再使用する
インセンティブの 与え方	古材を使用したリフォーム（住宅・店舗）の人気に支えられた古材への需要 古材の希少性
資源循環促進への 寄与	これまで最終処分あるいは低レベルの再資源化しか行われていなかった解体材の高レベル再資源化の促進、リユースによる使用期間の長期化、新規建設による資源消費削減、消費者への環境意識啓蒙
調査の方法	H 古材バンク、K 解体業者聞き取り調査及び関連資料文献調査

近年、古材を利用した店舗・住宅の内装が若年層を中心に人気を呼んでいる。この古材リユースの仕組みを支えているのが、古材バンクである。聞き取り調査を行った H 古材バンク（東京の業者）では、首都圏内（まれに長野・新潟など）の古民家の解体現場から柱・梁・木製建具などを回収（ときに買い付け）し、首都圏内のストックヤードに保管している。H 古材バンクの HP などの情報源から古材購入を希望する設計士や施主から連絡が入ると、ストックヤードに案内し、顧客の希望に沿った古材を紹介する。一般消費者が古材のリユースを行いたいと思っても、古民家解体の情報を入手し、さらに解体現場に赴いて古民家の家主と直接交渉を行うことは難しい。よって、こうした古材バンク業者が仲介することによって、潜在的な古材リユースの需要を顕在化し、今までマテリアルリサイクル又はサーマルリサイクルしか行われていなかった解体材の高レベル再資源化を促進することができる。この古材リユース人気を一過性のものとして終わらせないためには、古材バンクと解体業者・古民家家主との情報共有の強化、古材の内装材以外への転用促進とそれを支える古材再加工技術の普及などがあげられる。また、K 解体業者の聞き取り調査からは、建設リサイクル法下では、解体現場から外に持ち出す場合、処理方法（中間処理業者銘・処理方法）が明らかになっていないと非常に難しいため、ストックヤードに保管する古材バンクはともすれば産業廃棄物を蓄積している違法業者と認められかねないとのことであった。古材バンク業者の中には、解体材を有償で回収し、堆積するのみの悪質な業者も含まれていることが指摘されており、こうした悪質業者を排除し、古材バンク業者の正当性を示していくことが、解体材のリユースを目的とし他解体現場からの搬出を容易にする第一歩となるだろう。

事例⑬	古民家再生支援団体を介した古民家の移築再生
運用者	日本民家リサイクル協会、古材文化の会などの NPO 法人
対象	使用されなくなった古民家
目的	使用されなくなった古民家を解体から保護し、購入希望者とのマッチングを行って移築再生を行う。
インセンティブの与え方	古民家の他用途への転用（飲食施設や展示スペースなど）が盛んになってきたことなどを背景とした古民家（あるいは古民家の部材）への需要 文化的に貴重な古民家の保全
資源循環促進への寄与	これまで最終処分あるいは低レベルの再資源化しか行われていなかった解体材の高レベル再資源化の促進、リユースによる使用期間の長期化、新規建設に伴う資材消費削減、消費者への環境意識啓蒙
調査の方法	古材文化の会への聞き取り調査及び関連文献調査

古材バンクが古民家解体材から価値の高いもののみを選別して取り出し、再加工を加えて一般消費者に販売するのに対して、日本民家リサイクル協会や古材文化の会などの NPO 法人では古民家の移築や再生を支援している。聞き取り調査を行った古材文化の会は、使用されなくなった古民家の家主に対する相談窓口の役割を果たしており、移築の場合は移築先のマッチングから再生手法の提案まで幅広く対応している。こうした移築再生を前提とした NPO 法人等の団体の活動は、家主が処分に困り以前は解体されることの多かった古民家の新しい利用方法を提示するものであり、こうした団体の熱心な活動によって一度は解体が決まった古民家が移築されるといったことも多い。また、資源循環促進という面からは、解体材の高レベル（リユース）再資源化の促進、リユースによる使用期間の長期化、新規建設に伴う資源消費の削減、消費者への環境意識の啓蒙などの効果がある。

事例⑭	工場発生端材や解体材を利用した再生複合建材製造
運用者	工業化住宅メーカーM社
対象	M 社工場内で発生する工場端材や解体材
目的	工場端材や解体材を細かい粉状にし、粉状にした廃プラスチックと混合・混練し加熱成型して木材の質感をもった再生建材を製造する。
インセンティブの与え方	工場発生端材の有効活用、再生建材という新たな自社オリジナル製品の開発、CSR(Corporate Social Responsibility) 推進
資源循環促進への寄与	工場発生端材や解体材の高レベル再資源化の促進、再生建材にリサイクルすることによる使用期間長期化、消費者への環境意識啓蒙
調査の方法	M 社聞き取り調査、A 工場現地調査、関連資料文献調査

工業化住宅メーカーM社では、自社工場内で発生した端材や解体材を粉状にして、同じく粉状にした廃プラスチックを 55:45 の割合で混合・混練し、その後加熱成型して、木材・プラスチック再生複合建材を製造している。製品は M 社のオリジナル商品としてデッキ・フェンス・パーゴラ・門扉・カーポートなどエクステリアに使用されている。この製品は、質感は木材とほとんど変わらないが、本物の木材よりも耐久性・耐水性・加工性に優れている。また、M 社では工場端材のみを粉砕し粉状にし、樹脂を配合して押し出し成型を行う製品も開発しており、（この製品の技術を使用して、解体材と廃プラスチックも原料とできる既出の製品が開発された）この製品は、エクステリアにとどまらずドア枠、廻り縁、巾木などの内部造作材や建具、内装材として利用されている。

現在こうした木質系再生建材を工業的に製造する技術は開発されているが、原料の木質

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

副産物を製材工場から調達しようとする、その場所が全国に散在し、また各製材工場の発生量は少量であったり変動が大きかったりという問題点があり、原料確保の面で問題が多かった。M社は工業化住宅メーカーであり、工場で安定的に多量の端材が発生するという特長を生かし、再生建材を自社のオリジナル商品、自社のブランドを特徴付ける製品として位置づけ、成功している。また、この取り組みはM社の環境報告書やホームページなどにも記載されており、CSRの推進、宣伝効果もあると考えられる。

この取り組みは、資源循環促進の面では、工場端材や解体材の高レベルの再資源化の促進し、さらに再生建材として使用期間が長期化するなどの効果がある。

事例⑮	解体材、工場端材、パレットを主原料としたパーティクルボード製造
運用者	ボード業者
対象	解体材、工場端材、パレットなど
目的	解体材・工場端材・パレットから金属などの異物を取り除き、チップ化し、パーティクルボードを製造する。
インセンティブの与え方	解体材や工場端材の処分費、
資源循環促進への寄与	解体材、工場端材の高レベルの再資源化の促進、パーティクルボードにリサイクルすることによる使用期間の長期化
調査の方法	Tボード工場の聞き取り調査、現地調査及び関連資料文献調査

聞き取り調査を行ったTボード工場は首都圏内に立地するボード工場であり、首都圏内で発生する解体材や工場端材、新築現場の端材、運送業者から発生する廃パレットを主に原料として有償で受け入れて（持ち込み側が処分費を支払う）、釘等の異物の除去を行い、木材の小片（パーティクル）を製造する。これに接着剤を添加し、熱圧成型してパーティクルボードを製造している。製品のパーティクルボードは、首都圏内のマンションの床下地に使用される。こうした廃木材を原料とするボード製造は、原料調達時に廃棄物処分費として収入があり、そこからさらに有価の製品を製造するという珍しい生産システムであり、廃木材の処分費用が収益源のひとつとなっている。ただし、近年は首都圏近郊にバイオマス発電所が次々と建設され、廃木材の需要が拡大している。バイオマス発電所では、燃料となる廃木材の受け入れ基準（付着物等や乾燥率など）がボード工場ほど厳しくないため、手間のかかる分別作業を嫌ってバイオマス発電所に持ち込まれる廃木材量が増加している。そのため、Tボード工場でも原料となる廃木材の確保に苦労しているとのことであった。

こうしたボード製造の取り組みは、解体材や工場端材の高レベルの再資源化を促進し、またボードとして利用されることにより使用期間の長期化にも効果がある。

事例⑯	解体材を中心とした木材のバイオマス発電燃料化
運用者	バイオマス発電所をもつ電力会社
対象	解体材
目的	発電燃料の確保、バイオマス発電の促進
インセンティブの与え方	解体材処分費、RPS(Renewable Portfolio Standard)法の遵守
資源循環促進への寄与	サーマルリサイクルの促進
調査の方法	Nバイオマス発電所聞き取り調査・現地調査、関連資料文献調査

2003年に施行されたRPS法(電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置

## 6章 資源循環促進のための方策に関する考察

---

法)を契機として、首都圏を中心に木質バイオマス発電所が次々と計画、稼動を開始している。こうした発電施設の燃料となるのが首都圏において大量の発生する解体材であり、中間処理施設で粉砕され、バイオマス発電所に投入されている。聞き取り調査を行った N バイオマス発電所は秋田県内に立地しているため、その燃料は近隣の製材工場で発生する樹皮や端材などが中心となっていた。

こうした廃木材のバイオマス発電燃料化は、単に焼却処分する縮減や埋め立てる最終処分と比較して、電力や熱を回収できるサーマルリサイクルであるという点で資源循環フローを促進しているといえるが、一方で事例⑮にあげたボード原料との原料取り合いも起きており、この面ではマテリアルリサイクルを阻害し、資源循環を阻害しているということもできる。

### 6-3 資源循環促進のための方策に関する考察

6-2 では資源循環の促進に効果があると考えられる方策について事例調査結果を示し、その対象やインセンティブの与え方などが様々であることを確認した。ここでは、木材のライフサイクル全体の中で各方策がどのような効果をあげているかを明らかにし、今後求められる方策について考察を行う。

木材のライフサイクルを横軸に、再資源化のレベルを縦軸にとった図表の中に、各方策の対象とその効果を示すと次ページの図 6-3-1 のようになる。

図 6-3-1 から、木材のライフサイクルの中では製材段階、再加工段階において資源循環を促進する方策が多く取られ、それらの多くは業務の集約化、効率化による効率性向上を目指すものであった。また、使用段階においても多くの方策が見られるが、これらは公共建築の木造・木質化や、ある程度環境意識の高い消費者を対象とした国産材の木造住宅供給システムといった、対象者がある程度限定されているものが多かった。再資源化段階においては最も多くの方策が見られたが、その内容はリユース、マテリアルリサイクル、サーマルリサイクルと促進する再資源化レベルが異なるなど多様性に富んだものになった。また、他の段階を対象とした方策と比較して、「経済性」、「行政の規制」がインセンティブとなる事例が非常に多く、再資源化という静脈産業の特色が現れた結果となった。森林・伐採段階を対象とした方策には、資源循環フローを安定化させるものが多く、「行政の指針・補助」がインセンティブになることが多かった。

一方、輸送段階においては資源循環を促進する方策がほとんど見られなかった。輸送段階は、関連 2 者間の境界となることが多く、製材や再加工段階のように事業者が責任範囲として効率化に取り組みにくいということが原因として考えられる。

もちろん、今回取り上げた事例のみで全ての方策を網羅することは不可能であることには注意が必要である。

今後求められる資源循環を促進する方策とはどのようなものであろうか。現状不足している輸送段階の方策を打ち出すことがまずあげられるが、輸送段階のみに着目することは危険である。本論ではライフサイクルを通じた環境性能の評価の重要性を述べてきたが、実際の方策となると木材のライフサイクル全体を対象とすることは不可能に近い。そこで、方策を立てる段階においては、輸送を前後の段階と合わせてとらえ、伐採や製材などの業務と、その前後の輸送業務を通じた業務に対して経済的・社会的インセンティブを与えることが必要であると考えられる。

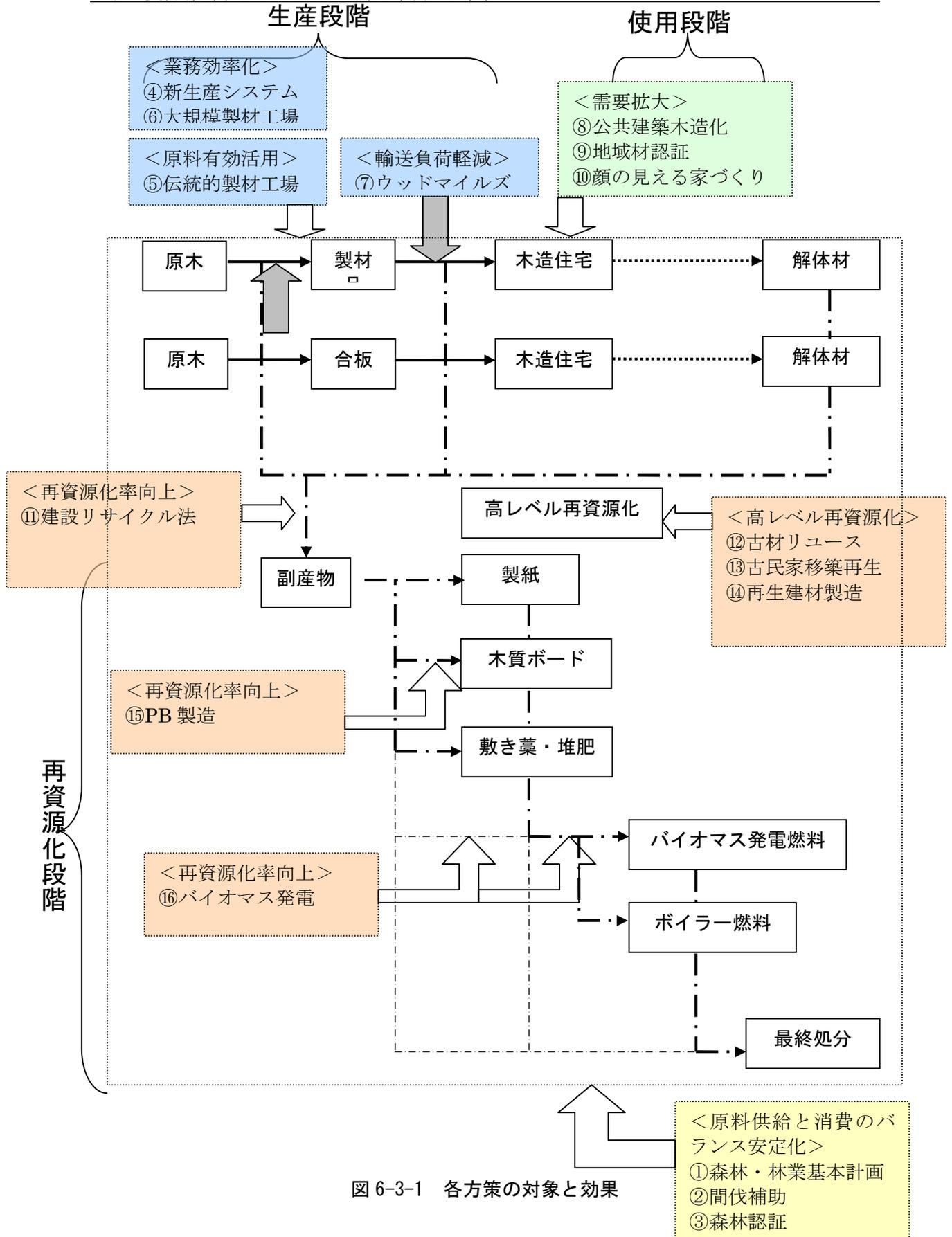


図 6-3-1 各方策の対象と効果

7章 終章

---

### 7章 終章

本論では、建築用木材を対象として①資源循環フローの把握、②ライフサイクル全般にわたった環境性能評価、③資源循環を促進させる方策に関する考察、以上の3点を目的として掲げた。

目的①の「資源循環フローの把握」については、国内で使用される建築用木材のうち国産材事例として秋田県産材を、輸入材事例として北欧産材を対象とした。

ここで、木材の資源循環フローには、1本の木が伐採されて、製材加工され、木造住宅に使用され、解体後再利用され、最終処分されるという“小さな資源循環”と、1本の丸太が伐採されて焼却、最終処分されるまでの間に、森林でそれを補うだけの木が成長し、木材という資源の面でもCO<sub>2</sub>排出量の面でも差し引きゼロ、完全に循環しているという“大きな資源循環”の2種類があることに注意が必要である。木材の“小さな資源循環”は厳密な意味では完全な循環ではない。すなわち、木材の特質として再資源化を行うことで製品の質が次第に低下していくため、廃製品を元の製品に戻すことが困難であるためである。しかし、大きな資源循環を回し続けるためには、森林で木が成長するまでの時間を地位さん循環の中で稼がなくてはならない。よって、ここでいう資源循環フローとは、1本の木が伐採されてから最終処分されるまでの小さな資源循環、一般的にはライフサイクルフローと認識されるものである。

秋田県産材、北欧産材に関する資源循環フローの調査の結果、同じ木材資源であってもその木材の原産国や、製材品の生産地域と消費地域の関係、木材が使用される木造住宅の構法、あるいは住宅生産システムによって資源循環フローに違いが出ることが分かった。一例をひくと、秋田県においては製材工場で発生した端材はチップ製造業者でチップ化され、ボードや製紙の原料となり、おがくずは畜産業者で敷き藁として利用され、樹皮はバイオマス発電や樹皮ボードの原料となるというように副産物の質にあわせ、多数の再資源化業者が介在して多様な再資源化が行われている。一方で、北欧においては、製材端材は質のよい物は製紙原料、悪い物は全てバイオマス発電燃料とほぼ決まっているような状態で、介在する中間業者や流通業者も少ない。

次に、目的②の「ライフサイクル全般にわたった環境性能評価」の結果について述べる。ここでは、目的①に対して得られた結果から、建築用木材の多様なライフサイクルをできる限り表現するライフサイクルモデルの提案を行った。このモデルでは、建築用木材のライフサイクルを(1)生産段階、(2)使用段階、(3)再資源化段階と3段階に分解し、(1)生産段階においては地産地消型、一般流通型、輸入型の3つのシナリオを、(2)では木造住宅の使用期間として30、60、90年の3つのシナリオを、(3)ではリユース型、マテリアルリサイクル型、サーマルリサイクル型の3つのシナリオを設定した。これらのシナリオを組み合わせることで、ある程度幅をもって建築用木材のライフサイクルを表現できる。

環境性能評価の指標としてはCO<sub>2</sub>排出量を選び、可能な限り実地調査によって、各シナリオのCO<sub>2</sub>排出量を求めた。とくに生産段階においてはほぼ全てを実地調査することができたため、生産段階におけるCO<sub>2</sub>排出量に大きな影響を及ぼす要因について細かく分析を行うことができた。

一例を示すと、一般的に環境負荷の少ないイメージで語られる地産地消型は、確かに輸送段階におけるCO<sub>2</sub>排出量は少なかったが、木材乾燥に化石燃料を使用していたため、結果としては地産地消型と他の2事例でCO<sub>2</sub>排出量に大きな差は見られない結果となった。

LCCO<sub>2</sub>、使用時間、LCCO<sub>2</sub>/時間の3つの指標により、設定した9つのライフサイクルモデルを分析してみると、再資源化を多く繰り返すほどLCCO<sub>2</sub>の値は大きくなるが、使用時間が長期化し、結果としてLCCO<sub>2</sub>/時間の値はどの事例においても減少する結果となった。ただし、この分析では上記の生産段階におけるシナリオ間のCO<sub>2</sub>排出量の差が想定より小さかつ

たため、完全に生産段階のプロセスの違いを反映できていないとはいえない。また、今後はCO<sub>2</sub>以外の指標でも環境性能を評価することが必要であると考えられる。

最後に目的③の「資源循環を促進する方策に関する考察」の結果を述べる。目的②の結果より、資源循環性はCO<sub>2</sub>排出量という環境性能を測る指標から見れば“善”であることが明らかになった。しかし、現状を見れば木材の資源循環は十分に進んでいるとはいえない状況である。そこで、現状では“Aすることは環境性能が高い”ということが実際にAを行う方向に向かない状況である、すなわち環境性能という指標、価値基準が他の経済的条件や社会的条件と比較して弱い指標であるといえる。

そうした逆境の中で、資源循環を促進するためにはどうすればよいのかを考えるため、まず、現状で資源循環促進（ここでいう資源循環には大きな資源循環も含む）のために効果が上がっていると考えられる16の方策について、その内容と運用者、資源循環の中でどの段階に効果があるのか、方策に実効性を与えるもの（行政の規制や経済性など）を調査・整理した。その結果、現状において木材の小さな資源循環（ライフサイクル）全般を対象とした方策はほとんどとられておらず、対象はライフサイクルの中の各段階に限定されたものであった。資源循環促進のみを目標とした方策はないといってよく、ここでも環境性能という指標が社会的地位を得ていないことが認識された。

そもそも環境性能が高いということが、人々にとって即時的効果につながることは少ない。例えば断熱性の高い窓ガラスに変えたので光熱費が安くなった！というような目に見える、実感できるメリットがなければ、人々の行為を環境性能という指標のみで変化させることは不可能であろう。よって、建築用木材の資源循環促進のためにも、環境性能のアピールとそれを指示するデータの蓄積は必要であるが、同時に資源循環促進という行為が、何らかの実感しやすいメリットとともに選択されるような社会システム作りが必要であると考えられる。そして、そうした社会システム作りを考える際に、目先の経済効果だけではなく、本論で行ったライフサイクル全般にわたる環境性能評価の手法がとりいれることが必要であると考えられる。とくに“環境”という分野ではある施策の効果がでるまでに長時間かかることが多いため、こうした視点は特に重要となる。





① 森林管理・伐採

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	〇森林組合（伐採現場）
所在地	秋田県北秋田市
業務内容	森林の保守管理・立木の伐採・販売
キーワード	森林組合、木製ダム、林地残材、間伐材



(原木積み／伐採現場の様子)



(針葉樹と広葉樹／運送会社のトラック)

## ■ 調査結果

昭和50年代には全国に森林組合が3000くらいあったといわれているが、現在は1200くらいまで減少している。木材の価格下落などによって森林組合の経営も厳しくなっており、昨年黒字を計上した森林組合は全国で200ほどしかなかった。例えば、1haの林を50年間育てて得られる利益は5～10万円ほどであるが、もう一度スギ苗木を植えるのには100万円かかり、採算が取れない。そのため林が放置され、うっそうとした林になり、下草が生えないため洪水、地すべりなどが起きやすくなるという悪循環がある。35年未満の林の間伐には補助金が出るが、それでも事業費の3割を負担しなくてはならず、本来ならば収入間伐であるはずが収支はマイナスになってしまっている。

近年、米代川流域のいくつかの森林組合が統合されて〇森林組合となった。各営林署は以前の流域単位の管轄を引き継いでいる。〇森林組合が管理する森林は、国有林50%、民有林50%の割合である。その多くは車で入るのも困難なほど急峻で、伐採作業はまず作業道を作ることから始まる。伐採は5人ほどのチームで行い、うち2人が重機で伐採を行う。伐採された丸太は未乾燥の状態では枝を落とし、組合へ運搬される。伐採時に発生する細い丸太や枝、根、間伐材などは現場に放置されており、洪水時にふもとに流出する危険性がある。また、見学した伐採現場にはスギだけではなく広葉樹もかなり生えていた。これは計画的な森林管理・伐採計画がなされておらず、一度に広範囲を伐採するためである。

## ■ まとめ

山を管理し、伐採業務を行う森林組合は「林業と製材業をつなぐ役割」を果たしている。輸入材に押され国産材の需要が減少し、さらに木材価格も下落していることにより、山の管理に真剣に取り組む山持ちが少なくなっている。その結果、山の管理をつづけていくことが経済的に難しくなり、放置される山が増え、水害が起きたり、伐採される原木の質が低下してさらに木材価格が低下するという悪循環に陥っている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	H 素材生産業者
所在地	秋田県大館市
業務内容	立木の伐採・製材
キーワード	伐採、主伐、高性能林業機械



(伐採/土場の様子)



(ローダー/伐採現場)

## ■ 調査結果

### ・会社の概要

秋田スギの伐採と製材を主な業務にしている。

### ・伐採現場について

所在地は秋田県山本郡藤里町。現場は未舗装の林道を車でしばらく行くと着く山の中にある。林道は隣の土地を買った会社と共同で開設した。

主伐した後の山は町が植林するそうである。

### ・素材生産業務について

H 素材生産業者が請け負っている伐採対象林の所有者の割合は民有林 30%、国有林 65%、私有林 5% である。年間素材生産量のうち間伐生産量は 7 割ほどである。

### ・製材業務について

年間生産量は 3,200 m<sup>3</sup>/年で、そのうちラミナ材が 15%、野地板が 85% である。出荷先は県北木材センター。発生するおがくずはきのこ栽培所に、端材はチップ業者に売っている。

### ・素材生産の作業工程について

作業人数は基本 4 人だが、たまに 5 人で行うこともある。

作業員がチェーンソーと楔を使いながら一人でスギを伐倒する。そのスギを同じ作業員がチェーンソーで枝打ちした後、土場までグラップルで地引し、プロセッサで玉切りし径ごとに集積する。径ごとに集積された丸太はグラップルでトラクターの荷台に積みこまれ、トラクターでフォワーダの場所まで運搬される。そこでフォワーダに積み替えられ各出荷先まで運搬される。

## ■ まとめ

伐採現場が山の奥のほうにあり、しかも急峻な斜面で作業することが多いので、伐木・造材・集材や運材にお金がかかってしまう。そのためこれ以上の効率化は厳しい状態にあるといえる。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年7月
対象団体名	K 木材センター（原木市場、集成材工場）
所在地	秋田県大館市
業務内容	原木市場・集成材工場
キーワード	原木市場・ラミナ・集成材・木屑 焚きボイラ



(天然秋田杉のストック / 乾燥機)



(乾燥機用の木屑焚きボイラ / 接着工程)



## ■ 調査結果

### ・業務内容について

木材の市売業務と集成材製造を行っている。昭和48年の設立当初から原木・製材品の市売業務を行ってきたが、平成16年4月新たに集成材工場を設置した。設置のきっかけは、平成13年に施行された住宅品格法などによって建材に対する要求が厳しくなったことである。

### ・市売業務について

毎月2回の市を開催し、原木は「入札」、製材品は「せり」で販売を行っている。取り扱う樹種はほとんどが秋田杉（たまに青森ヒバなどもある）。原木取扱量は30000m<sup>3</sup>/年。市場に木材を出す人は素材生産者が8割、森林管理者が2割を占める。秋田県全体+青森県の業者を合わせて2・30社ほど。市場に買いに来る人は大館周辺の組合員が6割、能代周辺の業者が3・5割、県外が0・5割。大館周辺の組合員は比較的細い径の丸太をひき、樹齢200年以上の天然スギなど立派なものは能代や県外の業者が購入し、化粧材となることが多い。

### ・集成材製造について

原料のラミナは組合員（およそ40社、大館、鹿角、北秋田周辺）から購入する。秋田スギの集成材は耐力が出ないとよく言われるが、外材由来の集成材に比較して弱いだけで、構造上は十分使える。また、耐久性は外材由来のものより優れている。

### ・木質系廃棄物について

集成材工場から端材・おが粉・樹皮が発生する。これらは全て工場内の木屑焚きボイラに投入し、蒸気を発生させて9台ある乾燥機に利用している。ボイラの燃え殻は秋田県昭和町の最終処分場へ。処分料金に加えて運賃がかかる。

このボイラを設置する際には、国から補助金が50%でた。ちなみに1200℃の高温で燃やすため、接着剤が付着していても有害物質は発生しない。工場全体に必要な蒸気は、端材木屑の燃焼と石油の燃焼で賄っているが、近年の原油価格高騰、さらには木材処理の規制が厳しくなったことなどから、燃料木屑の割合を増やそうとしている。

## ■ まとめ

市売業務では、山側の個人事業者と市場とを繋ぐ役割を果たしている。集成材工場では、ラミナの乾燥に必要な乾燥設備のために、大規模な木屑焚きボイラ設備を有しており、地域の木質廃棄物処理設備にも展開できそうな規模であった。

資料編

---

②製材加工段階

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	○ 森林組合(製材工場)
所在地	秋田県北秋田郡鷹巣町
業務内容	原木市場での原木販売・製材加工・プレカット
キーワード	原木市場・大割・虫害・加工と付加価値・曲がり材



(原木のストック / 大割)



(虫害の様子 / 木製堰堤)

## ■ 調査結果

### ・原木市場

管理する山から切り出した原木は未乾燥のまま森林組合のストックヤードへ搬入される。径級によってグレーディングされ、この段階で近隣の製材所が製材に適した原木を購入してゆく（原木市場機能をもっている）。そのため、森林組合に残る原木は径の大きすぎるものや小さなもの、曲がったものなど、製材不適材が多くなる。

### ・製材加工・プレカット

製材工程は、皮剥→大割→小割→乾燥（天乾・人乾）→（加工・プレカット）→仕分け・結束となっている。様々な径の原木を効率よく挽くために、一般的なツインは使用せず、刃が一枚の大割を使用している。近年はスギノアカメトラカミキリムシの虫害がひどく、製材しても虫の入ったあとがでてきたり、中がぼろぼろになっていたりすることが多い。こういった材はさらに細く、細かく製材する。製材として使用できない場合は、治山事業に用いられる木製の堰堤や林道の側面のダボ、ログハウスの部材などに加工・プレカットしている。製造された製品は15社ほどの工務店に販売しており、他に公共事業や森林組合で行う工事などにも使われている。森林組合の製材工場で製造した製材は市場に出ていない。発生する端材はチップ業者が回収しており、発生するおが粉は畜産農家に販売している。

## ■ まとめ

管理する山から切り出した原木を製材工場に供給する原木市場の機能をもっており、林業と製材業を仲介する役割を果たしているといえる。一方で買い手のつかなかった原木の製材加工も行っている。買い手のつかない原木は低品質なものが多いが、大割でなるべく効率のよい挽き方をしたり、細かく挽いたりと歩留まりをよくする工夫を行っている。また、無節の材は付加価値の高い内装材にするなど材の品質によって異なる製品に仕上げ、普通ならば廃棄されてしまうような材も加工して付加価値をつけることで利益を出そうとしている。最近では、不十分な管理の結果生まれる曲がり材のほうが、テーブル材などとして需要があるという現象が起きている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	K材木店
所在地	秋田県山本郡二ツ井町
業務内容	一般製材・天然秋田杉銘木製材
キーワード	少量多品種生産・注文生産・天然秋田杉・銘木・木製家具・ログハウス



(原木のストック)



加工の様子)



(ログハウス / 木製家具)



## ■ 調査結果

### ・業務形態について

K材木店では、買い手の注文に応じて様々な製品を生産している。原材料は全て地元の秋田スギである。樹齢100年を超えるような銘木製材も行っている。

製材工程は、皮剥→大割・小割→乾燥（天然乾燥・人工乾燥）→加工→仕分け・結束となっている。少量多品種生産を可能にするために、機械による大規模生産ではなく、大割・小割は台車と切断用の機械を用いて、一本ずつ挽く方式をとっている。さらに細かい加工などは、人間が工具を使って一つ一つ行っている。

### ・原材料の調達について

K材木店では、森林組合や原木市場で購入した加工した原木を一般規格品に製材する場合と、原木をストックしておいて買い手がついてから製材する場合、さらに建築設計者や施主の要望によりK材木店が山から適当な材を3日程度かけて探してきて、製材する場合の3種類の原木調達の仕方がある。そのため、広いストックヤードには1年以上も保管されている立派な天然秋田杉の原木なども見られた。

### ・木質系副産物について

K材木店の製材工場から発生する木質系副産物は樹皮・製材端材・おが粉がある。この内、樹皮はバイオマス発電所で処分、製材端材はチップ化してチップ業者に販売あるいは場内で処理しており、おが粉は回収していないとのことであった。また、K材木店では小径木を用いた木製家具なども製作している。

### ・出荷先について

出荷する製材品は、注文生産、規格品製材、床・壁材などがある。地産地消を理念として掲げている地元の設計者や、公共建築物などにも材を提供している。

## ■ まとめ

注文生産を比較的多く行い、今では珍しくなった天然秋田杉の銘木製材も行っている昔ながらの製材工場である。機械化の進んだ大規模工場と比較すれば生産効率は落ちるものの、地元の森林組合・設計士との連携は強く、秋田の山と消費者をつなぐ大切な役割を果たしている製材工場である。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年3月、7月
対象団体名	K 製材工場
所在地	秋田県大館市
業務内容	一般製材、端材のチップ化、天然秋田杉の桶・樽の製造販売
キーワード	製材所、製材端材、チップ



(原木のストック)



スギ皮の回収箱



(チップ化される端材 / 桶樽の製造)



## ■ 調査結果

### ・原料

原料の種類は、ほとんどがスギである。人工林のスギが99%、天然秋田杉が1%未満の割合になっている。桶樽には、200年杉（天然）を使用している。一般的に8～10月は、供給不足、1～3月は積雪による需要低下により、供給過多の状態になる。素材受け入れ時に、材の検収を行い、結果によっては返品する事もある。虫食い等の材の不良は近年改善傾向にある。

購入先は、森林組合と個人事業者が大部分を占めている。

### ・発生副産物に関して

本製材所での発生副産物の種類と処理方法の一覧を示す。

廃棄物の種類	排出先	備考	
廃棄物	スギ皮	N 森林資源協同組合	バイオマス発電の燃原料となる。
	スギ皮	自社・木屑吹きボイラ	乾燥機の蒸気用燃料とする。
	スギ皮	堆肥用など	
	プレナーくず	おがくず業者	無償で提供、鶏用の敷き料
	プレナーくず	自社・木屑吹きボイラ	乾燥機の蒸気燃料
	プレナーくず	破碎して鋸屑に混入	
販売物	チップ	製紙業者	製紙工場による規格あり
	おがくず	おがくず業者（畜産業者）	畜産の種類による

こういった廃棄物は、どんなに効率よく木を使っても出てきてしまう。処理してもらう会社や業種がないと製材所は成立しない。本製材所では、端材がほとんど出ない様に木取りをしているこの製材所では、桶樽も作成しているために、より無駄の無い製材を行っている。

スギ皮に関しては現在余剰状態である。スギ皮は産廃指定を受けているので、マニフェストを切るか、業者に渡す。スギ皮に関しては産廃指定を撤廃してほしいと考えている。

### ■まとめ

本製材所は昔ながらの製材を行っており、なるべく端材が発生しない様に材の木取りを行っている。発生した端材もチップ化して製品として販売している。発生副産物の処理は、大型の自社内利用設備等が無く様々な用途で有効利用を図っている。その中でも、プレナー屑・スギ皮に関しては、材の性質として再利用が難しく有価物として販売できていない。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年11月
対象団体名	T製材工場
所在地	秋田県能代市
業務内容	一般製材
キーワード	秋田スギ・チップ業者との距離・ 設備更新・木屑焚きボイラー



(チップー / 樹皮)

## ■ 調査結果

### ・原材料について

原材料は秋田スギのみで、そのうち天然秋田杉の割合は15%ほどである。地元の素材生産業者の他、原木センター・原木市場・森林組合などから木材を購入して、燃料用樹皮

### ・製材工程について

製材工程は、皮剥→大割・小割→乾燥(天然乾燥・人工乾燥)→カンナがけ→節の穴などの補修→仕分け・結束となっている。昔からの古いラインの他、コンピュータ制御のラインも導入している。このラインでは、係員がコンピュータの原木断面の画像を見ながら、もっとも歩留まりのよい挽き方を選択し、製材している。

### ・木質系副産物について

T製材工場で発生する木質系副産物は樹皮・製材端材・おが粉がある。大割時に発生する背板(製材端材の一部)は、ラインに組み込まれたチップーにかけられる。製造されたチップは近接するチップ業者が回収にくる。樹皮と小さな端材は乾燥機用の2台の木屑焚きボイラーの燃料として使用される。ボイラーはこのほか、灯油焚きボイラーが1台ある。また、板製造時に発生する薄い端材はチップーにかけられないため、そのまま上記のチップ業者に回収してもらっている。おが粉については集塵機で回収され、まとまった量で近隣の畜産業者に販売、あるいは無償で提供されている。

### ・出荷先について

製品の種類は柱・梁などのひき角材から鴨居・廻り縁・間柱・垂木・建具材などのひき割類、小幅板・野地板・天井板などの板類まで幅広い。

製品の出荷先は東京と新潟の支店、問屋・市場(関東)、県内流通などがある。

## ■まとめ

この工場は秋田県内でもトップクラスの大規模製材工場である。生産量の拡大には、新しく導入したコンピュータ制御ラインが大きな役割を果たしていると考えられる。生産量が多いため、端材なども大量に発生するが、チップ業者との距離が近く頻繁にチップの回収を受けられる。この点も、生産量を維持するための大事な要素であると考えられる。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年11月
対象団体名	S協同組合（製材工場）
所在地	秋田県大館市
業務内容	秋田スギ芯持ち角材量産
キーワード	秋田スギ・芯持ち乾燥角材・設備更新・木屑焚きボイラー



(芯持ち角材 / 薬剤処理の様子)



(端材の再利用 / 木屑焚きボイラー)



## ■ 調査結果

### ・原材料について

原材料は全て秋田スギで、造林杉がほとんどである。大館市の原木市場および地元素材生産業者から購入している。

### ・製材工程について

原木をバーカーで皮むきした後、径16cm以下、16～22cm、22cm以上と径によって3つに分類する。製材ラインは径16、18cmほどの小径のものと、径20、22cmほどの大径のもの2ラインに分かれている。まず、芯持ち角材が製材される。角材をとったのち、余った部分から間柱・垂木・野地板・小幅板・天井板などを製材してゆく。製材したもののうち、品質のよいものはさらに付加価値をつけるため天乾→人工乾燥にかけられる。乾燥機に1週間ほどかけた後、3ヶ月ほど養生。乾燥後、カンナがけを行い、含水率、ヤング率などを計測し品質確認を行う。再加工・品質確認後、必要のある物は防カビ材・色上げ材を浸透させる。

### ・乾燥機・ボイラーについて

乾燥機は7台あり、今までは重油焚きボイラー3台（1.5t×2台、1t×1台）、灯油焚きボイラー1台で熱を供給していたが、平成18年4月に木屑焚きボイラーを導入した。導入の目的は現在大量に余っている樹皮を処理することで、水分量の多い樹皮も燃料とできるように焼却温度900℃、2次燃焼まで行う設計になっている。ボイラーで製造した蒸気は、現在全て乾燥に利用しているが、今後は融雪や暖房にも使用してみたいとのことである。

### ・木質系副産物について

製材工程で発生する木質系の副産物には、樹皮・製材端材・おが粉がある。樹皮はボイラーの燃料に、製材工程で発生する背板はラインに組み込まれたチップーにかけられ、チップが製造される。また、小さな端材は大館市の銭湯屋が焚き付け用の燃料として回収している。この他、変わった利用方法として、端材にPPバンドの余りをホチキスで止めたものを、天乾・養生時に材同士の間隔を保つために使用している。おが粉は集塵装置で回収し、畜産業者に販売している。

## ■ まとめ

芯持ち角材の製材に特化した比較的大規模な製材工場である。製材品の幅は狭いが、材の質にあわせて乾燥や薬剤処理など付加価値をつけてゆき、商品に幅を持たせる取り組みをしている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年6月
対象団体名	H 製材工場
所在地	秋田県山本郡
業務内容	秋田スギの製材加工
キーワード	スギ抽出水、受注生産、フローリング・羽目板



(製材 / 製品の様子)



(端材 / おがくず)

## ■ 調査結果

### ・業務内容について

秋田スギを素材にした垂木、間柱、外壁材、内装材、フローリング板、羽目板など住宅用の建材を主に生産している。フローリング板と羽目板は乾燥材を用いる。注文があれば柱も作る。板材が製品の75%を占め、20%が平割材、5%が角材である。梱包用高級板材も関西方面に出荷している。

### ・製材業務について

原材料となる原木はほぼ秋田県産で扱う樹種はほぼ100%スギである。製品のメインの出荷先は関東（神奈川・埼玉・千葉）で他に北陸、県内、関西にも出荷している。基本となるのは受注生産で製品のうち8割を占め、さらに歩止まりをよくするため規格品も生産している。乾燥機により乾燥材も生産しており全体の製品の2割にあたるが、処理できないものは他の会社に依頼している。乾燥機は木の含水率を85%ほどから15%ほどまで下げることができる。工場は製材工場が2つ、加工工場が1つである。

### ・副産物・廃棄物について

おがくず・カッターくずは敷きワラとして青森県の畜産業者へ販売している。端材はSチップ業者（が毎日1～2回回収しに来ている。バークのうち石、泥の付いた状態の悪いものはバイオマス発電所に、それ以外は粉碎して畜産業者に回収してもらっている。

## ■ まとめ

代表の方は乾燥機から出るスギの抽出水をどうにかして二次利用したいとおっしゃっていた。バークは既に道路の舗装材に使うなど副産物の有効利用に関心が高いことがうかがえる。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	H集成材工場
所在地	秋田県能代市
業務内容	主に構造材用の集成材製造
キーワード	大量生産・ロシア材・集成材・全国展開



(乾燥機 / ラミナ)



(機械化の進んだ工程 / 圧着)

## ■ 調査結果

### ・原材料について

原材料はロシア材（レッドウッド）：北欧材（オウシュウアカマツ）＝8：2の割合である。ロ

シア材はバイカル湖北のシベリア地区のものを、現地でラミナに製材し未乾燥状態で輸入している。現在はロシア材が安価であるため多く使用しているが、コスト・為替などの理由により産地は変える可能性がある。ロシア材の場合は、シベリアからナホトカへ鉄道で運び、ナホトカ港から能代港まで2日かけて船で運ぶ。ロシア材の産地には人が少なくコンテナもないので、未乾燥の材を船に直に積んでいる。北欧材の場合は、乾燥済みのラミナを40tの海上コンテナで秋田港へ運ぶ。北欧には、日本からの輸出で使用した空コンテナが余っているため、安価ですむ。

### ・現在のロシア材の需要と供給の概要

ロシアの森林保有量は世界一である。ソ連崩壊後ロシア国内需要が減少したため、国外への木材供給量が増えている。ロシア材を主に輸入するのはヨーロッパ、アメリカ、中国、日本である。昔は日本が一番多く輸入していたが、近年は中国の需要が急増している。（年間2000万立米。中国国内では森林の伐採が禁止されている。）中国は、今まで日本が購入せず山に放置していたような低級な材を購入している。H工場では、昔は丸太で輸入していたが、現在は現地製材が多くなっている。現地乾燥も多くなっており、将来的にはより現地乾燥を増やしたいと考えている。

ロシア材は年輪密度が高い。（ただし、年輪密度が高いと必ずしも強度が高いというわけではない。）国産材に多いスギは、コストが高く、強度が弱い、乾燥が難しいといった特徴がある。また同じ樹種でも国産材は曲がっている場合も多い。そうした理由で輸入材を使用している。

### ・工場での工程について

工程は、製材搬入→（再）人工・自然乾燥→寸法調整（プレーナー・モルダー）→フィンガーカット→ジョイント→グレーディング→仕上げ→接着→仕上げ→仕分け・結束となっている。

### ・木質系副産物について

発生する端材のうち接着剤がついているものは、工場内の乾燥機・暖房の燃料に、接着剤がついていないものは畜産業者に販売・山芋の梱包用に販売する。ただし、山芋の梱包材とする場合は、季節による需要の変動がある。より付加価値の高い利用方法を探している。

## ■ まとめ

ロシア材を主な原料とする大規模集成材工場である。工程は機械化が進み、効率的な生産が行われている。ただし、供給先のロシアの事情により未乾燥状態での輸入が多くなっている。コストと乾燥による生産効率の低下の兼ね合いによって、ロシア材と北欧材の比率が決まっている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	A 集成材工場
所在地	秋田県大館市
業務内容	大断面集成材の製造加工・構造設計・施工
キーワード	大断面集成材、秋田スギ、曲げ加工、構造設計・施工



(幅はぎ / 曲げ加工)



(プレカット / 接着剤の付着した端材)

## ■ 調査結果

### ・原材料について

輸入材：国産材＝8：2。樹種は北米・カナダ産のベイマツ、岩手のカラマツ、秋田杉、ロシアのダフリカカラマツなどを使用している。基本的に乾燥ラミナの状態で購入するが、ロシアから未乾燥状態で輸入している。輸入材は48立方のコンテナで輸送する。ロシアからの材の場合はいわきに船が着くので、その付近の工場乾燥してから秋田に運ぶ。輸入材は基本的には商社を通して購入している。ただし、海外の製材工場から直接購入する場合や、ブローカーを通して購入する場合（これは安価なため）もある。

### ・製材工程について

工程は、ラミナ搬入→再乾燥→グレーディング→フィンガーカット→ジョイント→幅はぎ→モルダー→接着→仕上げ→(曲げ加工)→(プレカット)→仕分け・結束となっている。グレーディングしたラミナを集成材にする際は、強度の高い材を外側、低い材を内側に使う。技術的には最長20mの製品まで製造可能である。製品の含水率は15%以下を目標にしている。

### ・業務形態について

生産受注の仕方には、製品のみ販売する場合と、物件単位で請け負う（構造設計から施工まで行う）場合があり、この2種が半々の割合になることを目標としている。製品は現在30～40社に販売している。物件単位で請け負う場合は、秋田スギの大断面集成材・曲げ加工材など特殊な製品の注文が多い。販売の形態は異なっても、共通の設備を用いて同じ工程で製造する。

### ・木質系副産物について

A 集成材工場で発生する木質系副産物には、製材端材・おが粉がある。ブロック状の製材端材は、近隣にチップ業者がないために、処分費を払って廃棄している。一部は銭湯屋に燃料として無償で渡している。おが粉は、接着剤の付着が少ないものは畜産業者に無償で渡しており、残りはボイラーの燃料としている。接着剤は燃やしても良いものを使用している。集成材の生産では、乾燥・接着の度に表面を削るので、おが粉（とくにプレーナー屑）が大量に発生する。最終的な製品の体積は、購入したラミナの6割程度となる。

## ■ まとめ

もともと、秋田スギ大断面集成材製造工場として操業を開始した工場であり、現在は輸入材の割合が多くなっている。大断面集成材や曲げ加工といった高度な技術を生かし、物件単位で請け負う仕事（公共建築など）の割合を増やそうとしている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年9月
対象団体名	I 集成材工場
所在地	秋田県能代市
業務内容	集成材製造、
キーワード	集成材・プレナー屑・ボイラー・乾燥機・付加価値



(原料の外材 / フィンガージョイント)



(木屑焚きボイラー / プレナー屑)



## ■ 調査結果

### ・業務内容について

集成材の製造を主に行っている。一般住宅に用いられる小断面の柱がメインで、この他中断面・大断面の集成材製造ラインも保有している。また、長押やドア枠など集成材の表面に単板を貼った化粧材も製造している。

### ・原料の種類と主な取引先

原料の樹種は国産ヒノキがメインで、秋田スギ、北欧材、米材なども取り扱っている。ヒノキは北関東から福島に存在するラミナ供給メーカーからラミナの状態で購入している。メーカーからI製材業者の工場までの輸送はI製材業者の負担で行っている。輸入材は全てコンテナ輸送で秋田港に入る。ロシアとの取引はトラブルが多いので、中国を介して行うようにしている。柱の出荷先は首都圏を中心とした関東以北で、製品の輸送は当社で行っている。

### ・発生する廃棄物の種類と排出先

発生する廃棄物は端材とプレナー屑の2種類。端材はチップ業者に無償で回収してもらっている。回収は毎日きてもらっている。集成材製造の工程の中で表面を削ることが多いので、プレナー屑は大量に発生する(端材の何倍も発生)。多くは自社ボイラーの燃料とし、乾燥機の熱源にしている。ボイラーの必要燃料はプレナー屑で全てまかなわれている。この他余ったプレナー屑は、焼却したり、敷き料業者やキノコ栽培業者に引き取ってもらっている。外部との取引の際、需要があれば有償となるが現在は無償での取引となっている。また、外部に端材やプレナー屑を販売する際は、接着剤付着の少ないものを選ぶようにしている。集成材は接着剤のイメージが強いが、合板と比較すれば塗布面が少なく、量も少ない。

プレナー屑の処理に苦勞しており、7、8年前にはプレナー屑を固形化しより効率のよい燃料とする技術開発なども行ったが、実用化には至らなかった。自社にボイラーがあるため、バイオマス発電所は利用していない。

## ■ まとめ

集成材工場の特性上、発生副産物はプレナー屑やブロック状の端材が多く、また接着剤の有無による性質の違いも存在している。当工場では、乾燥機用の木屑焚きボイラを利用しており、接着剤付きの端材や、プレナー屑といった外部での利用価値の低いものが燃料として利用されている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年7月
対象団体名	M 集成材工場
所在地	秋田県南秋田郡
業務内容	集成材製造、造作材製造
キーワード	構造用集成材、輸入材、ホワイトウッド、レッドウッド



(ホワイトウッドのラミナ／プレナがけ)



## ■ 調査結果

### ・ 輸入材に関して

材種としては9割がホワイトウッド、1割がレッドウッドである。輸入材の原産国は、北欧（スウェーデン、フィンランド）、中欧（オーストリー）がメインになっており、オーストリーからは、ドナウ川とライン川経由でロッテルダム、もしくは鉄道を利用してハンブルグから釜山を経由して秋田港へ輸送される。北欧材は、ストックホルムから釜山を経由して秋田港に輸送されてくる。輸入してくる材の状態は、12%の含水率と定尺である事のみが条件である。カンナがけ済みかそうでないかは、現地の製材工場の得意な形式で輸入する事にしている。

(プレナがけ前の集成材／自社内バイオマス発電設備)

### ・ 製造工程に関して

この工場内で行われている集成材の製造工程は、コンテナでの搬入／ラミナのプレナがけ／選別／接着／プレス／養生／プレナーがけ／梱包／出荷である。この他に、和室用化粧材の製造を行っている。選別過程では、ABCDの四段階に選別し、Aは表面材用に、Bは芯材として利用される。Cはプレナー後にはじかれ、再加工される。Dはプレナー前に長さの欠陥があり、ラインから除かれ、再加工される。JASの規定により、一度プレナーがけをしても、接着後再びプレナーがけを行わなくてはならない。それにより、ラミナ厚が24mmから最終的には、21.4mm程度にまで削られる。

### ・ 発生副産物に関して

発生する木質系副産物は、切削くず（接着剤有、無の2種）と、ブロック状の端材が発生する。以前は焼却処分していたが、平成15年12月の大気汚染防止法の改正に伴うダイオキシン規制の強化に伴い、平成16年2月に2億円を投じて、バイオマス発電設備（発電量は260kw）を導入した。補助金の申請は、一年以上も時間を要するため行わなかったが、4年で投資費用は回収できる見込みである。ヨーロッパの大きな製材工場（生産量が40万m<sup>3</sup>～100万m<sup>3</sup>）では、歩留りが48～49%で、残りは発電に利用している。木質系副産物は、接着剤有りは発電に利用して、無しのはA 複合建材製造工場に搬出され、M-woodの原料となっている。

## ■ まとめ

日本の集成材工場の中でも有数の規模を誇る当工場では、副産物も安定して大量に発生するために、バイオマス発電設備を導入して自社内で有効利用を図っている点で特徴的であった。ヨーロッパの大規模製材工場でも同様の副産物処理形式が成立している事も興味深い。再資源化方法の評価を行う際、自社内利用と、伝統的な畜産業による有効利用等はどう比較すべきか難しい。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年11月
対象団体名	A合板工場
所在地	秋田県秋田市
業務内容	合板製造・バイオマス発電
キーワード	輸入材・秋田スギ間伐材・ロータリー性・バイオマス発電



(剥き芯/解体材)



(ロータリー/蒸気で丸太を蒸す)

## ■ 調査結果

### ・製造工程について

製造工程は、皮剥→丸太を蒸す→ロータリー→乾燥→等級区分→接着剤塗布→仮接着→ホットプレス→規定サイズにカット→仕分けとなっている。A合板工場は一日に数万枚の合板を製造する大規模な合板工場である。

### ・合板原材料について

北欧材・ロシア材を中心に、国産材（マツ・スギ）、ニュージーランド材なども使用している。国産材は輸入材に比べると乾燥が困難で、強度も弱いことから合板の中板に使用されることが多い。平成11年から秋田スギ間伐材の受け入れをはじめ、ロータリー機械の性能向上や政府の補助政策などもあり、今では原料の国産材丸太の30%を占めるまでになっている。10年ほど前までは合板の剥き芯直径は8cmが限界であったが、ロータリー機械の性能向上により今では5cmまで剥けるようになった。対応できる丸太直径の範囲も広がり、現在は14cm～50cmまで幅広く対応している。また、製材には向かない2mの短い丸太も剥くことができる。間伐は年単位で計画され、間伐材の供給量は予想可能である。

### ・チップ製造について

A合板工場のグループ会社が解体材の引き取り免許を持っており、周辺の解体材を引き取っている。解体材の受け入れは10年以上前から行っており、現在解体材の受け入れ量は増加している。磁選機で金属を撤去し、破碎機にかけてチップ化する。グループ会社がチップをA合板製造業者に引き渡す際に品質のチェックが行われ、引き取れないものは産業廃棄物として処分される。合板の端材からできるチップ（この製造は別々に行われる）もあり、製造するチップの大部分は合板端材由来のものである。こうしてできたチップの大部分が敷地内にあるバイオマス発電所の燃料として利用され、その他のチップはボード工場や製紙工場に販売されている。製紙原料が不足しているときに製紙工場からチップの需要があった場合は、剥き芯由来の品質のよいチップを出すようにしている。

### ・バイオマス発電所について

平成元年に国の補助を受けて設置。以前は合板端材は木屑焚きボイラーの燃料として利用していた。バイオマス発電でA合板工場の5工場で使用する電力の大部分をまかない、残りは東北電力から購入している。バイオマス発電で同時に発生する蒸気は樹皮を剥いだ丸太を蒸す工程、乾燥工程、ホットプレス工程の3工程で利用されている。

## ■ まとめ

A合板工場では、工場規模の大きさを最大限に生かし、自社の合板端材から製造されるチップを燃料としてバイオマス発電を行い、工場の必要電力・蒸気をまかなっている。

### ■ 調査対象概要

調査日時	2006年10月
対象団体名	Yフローリング工場
所在地	秋田県由利本荘市
業務内容	フローリング製造
キーワード	ブナ材・単板・合板・フローリング・大連工場・釜山ルート



(テープ止めされた単板/接着作業の様子)



(端材/塗装の様子)

### ■ 調査結果

Yフローリング製造工場では、設立当初は近くの鳥海山からブナを調達し、製材加工を行っていた。現在は中国（主に東北3省）からブナ・ナラ・カバなど、米国からハードメイプルなどを輸入し、フローリング製造のみを行っている。以前は中国の製材工場から直接単板や合板を輸入していたが、不具合が多かった。そのため、2004年に大連に自社の製材工場を新設し、現在は自社工場で単板製造・合板の加工まで（フローリング製造の全工程のうち、80～90%）を行っている。秋田県の工場に入ってくる材料は、乾燥済みで4面プレーナー処理、合板・単板ともに規格寸法にカットされ、単板は数枚をテープで止めた状態である。大連から秋田までは、大連→釜山→秋田というルート（平成7年～17年にかけて開設、大連～秋田間約7日）の外洋コンテナ船で輸送している。製品の出荷先は北海道・東北・関東・関西など日本全国幅広い。日本国内では公共建築（主に学校、体育館のフローリング）で採用されることが多く、受注生産方式である。よって、輸入する単板・合板の樹種や製造するフローリングの種類も物件によって変化する。倉庫をもたず工場面積にも余裕がないため、事前に必要な材料量・樹種・時期を把握することが重要である。木質系廃棄物は輸送パレット、かんなくず、不良材、寸法あわせの際にカットされる端材がある。かんなくずは畜産業者・それ以外はチップ業者に引き取ってもらっている。単板製造までは大連で行っているため、秋田県の工場の歩留まりは不良材ではねられるものも含めておよそ90%とかなり高くなっている。

### ■ まとめ

秋田県には豊富な森林資源があるにもかかわらず、中国で木材を調達し、加工したものを日本で最終的に製品の形にするほうがコスト面で有利であるという不思議な状態を表す例である。釜山ルートが開設されたことにより、生産体制が大幅に変化したと考えられる。公共建築物のフローリングという注文が入る時期が読みやすい製品を製造していることもあって、原材料のストックはほとんどない。このシステムはストックにかかる経費の節約につながるが、天候不順などによって運送が計画通りに運ばないと、生産に支障が出たり、外貨リスクもはらんでいるといえる。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年6月
対象団体名	Fフローリング工場
所在地	秋田県北秋田市
業務内容	フローリング製造
キーワード	広葉樹、製材



(集成材 / フローリング材)



(乾燥機 / パーク)

## ■ 調査結果

### ・業務内容について

フローリング材の生産を専門として行っている。全て受注生産なので、少量の受注に即座に対応できるようラインが組んである。工場では天然乾燥を要するので、加工工場は広大な土地を有する必要がある。フローリングは7割輸入材であり、価格高騰で中国産材も上昇してきている。国内産の材は主に新作家具に使われる。また、フローリングの出荷先は全国各地である。

### ・ラワン合板の加工について

ラワンは資源が減少し、値段が上昇している。収穫までに時間がかかる上、持続的な植林が技術的に難しく、生産はどんどん山奥へ進んでいる。

### ・スギの利用について

スギの心材をフローリングに利用したのとして「グリーンボード」が挙げられる。これは、表面材に耐久性に優れた広葉樹を使い、芯材には柔らかい針葉樹台板として使うというもの。

## ■ まとめ

今回見学させていただいた工場は、敷地、施設、従業員ともに規模がとても大きく、幅広い事業運営をなされていた。ただ、フローリング加工をメインとしているので杉は使いづらいものなんとか使っていこうと努力されていた。多品種少量生産でとにかくお客様の注文に合わせるといった工場運営がなされていた。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	K 卸売業者
所在地	秋田県秋田市
業務内容	建材の卸売業、直接販売、プレカット
キーワード	卸売業、秋田杉、流通、プレカット、完成保証

## ■ 調査結果

### ・ 取り扱い品について

K 卸売業者が取り扱っている物は、木材：その他の建材＝85：15 で木材が中心である。木材の総取引量は数万 $\text{m}^3$ で秋田産の物はそのうち 30%ほどである。一般の流通量から考えると、K 卸売業者は国産材の取扱量が比較的多いといえる。県内は70%卸売業（仲卸）、県外は100%卸売業である。県内の営業所は2カ所、他県外の営業所ももっている。社員は目利きも兼ねており、営業所が取引の判断のほとんどを行う。

### ・ 取引先について

取引先は県南部に集中しており、秋田県 50%、その他 50%。県北より北は、冬場の施工不便性や、降雪による流通への影響がある。仕入れ先は全国で 250 社ほど。県内は自社で輸送を行うが、県外は先方が配送業務を行う。その際の輸送コストは、取引によって負担する側が変わる。外材の輸入は、以前は自社で行っていたが、現在は輸入業者を挟んでいる。

### ・ 取引の現状について

秋田の場合は乾燥材での取引が進んでいない。市場は乾燥材中心になってきているため、自社で乾燥を行うこともある。また、既に等級をうってある物でもグリーン材、乾燥材にかかわらず、自社で等級のうちなおしを行うこともある。不良品は、短くして使用したりもする。扱うグリーン材はメーカーにより品質のムラが大きい。K 卸売業者では 5000  $\text{m}^3$  くらいの在庫を持っている。在庫内容は季節や営業所により異なる。国産材は、量も質も安定しないため、在庫がある程度ないと対応できない。

### ・ プレカット工場について

プレカット工場の加工は年間数千 $\text{m}^3$ 程度。特殊な加工や、非常事態に対応する「完成保証」を行っている。また、3次元 CAD を導入しており、装備は通常のプレカット工場と変わらないが、量産の意志はない。ユーザーの意思に直接触れる場として期待、活用しており、主に、個性的な加工や、自然な曲がりを生かした加工、古民家の再築などに用いる。

## ■ まとめ

K 卸売業者は製材工場で製材された製材を小売店に販売する木材卸を中心として行っている。流通業の役目を、「不良率の負担」ととらえており、社員による目利き、等級の打ち直し、さらにはプレカット加工まで行っている。秋田における乾燥材の取引は増えてはいるが、まだまだ全国と比べて少なく、グリーン材への対応が大きな役目となっている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	N運輸業者
所在地	秋田県能代市
業務内容	運送、製材、船舶、倉庫
キーワード	流通、運送、林業の現状、木材流通の現状



(保有するトラック)

## ■ 調査結果

### ・業務内容について

木材を中心とした流通全般。それに付随する倉庫業や、船舶業も行っている。木材の運送では、原木のまま行うこともある。様々な運送業を行っているが、宅急便は行っていない。自社トラックは100台保有している。集成材の比重は0.4程度で、きれいに無駄なく積むことができる。乾燥した集成材が、運送の効率面からはベストである。秋田杉は未乾燥材が多く、燃料を消費し運送コストが上がる。また、重いために重量制限にひっかかる。

原木の生産を行う素材業者と製材加工業者との仲介を行うために、山側と加工側両者の情報を整理する必要がある。こうした状況に対応するため、実際にN運輸業者の社員が木の見方、仕分けの能力などの技術を身につけることを目的に伐採業務を行っている。例として、アカ松は関西で需要が多いが、出雲などには独特の切り方が存在している。素材業者にその技術を指導することにより、需要の多いところで売ることができるようになり、結果運送業の需要も増えていく。

### ・国際流通に関して

国際流通では海上コンテナがメインで、コンテナは物流の盛んな土地・物を買う力のあ地域に集まっていく。ヨーロッパには多くの日本のコンテナが余っている。そこで、帰り道には空箱よりは安い値段でラミナを入れてくる。ロシアにも乾燥ラミナは存在するが、コンテナが余っていないので、原木、もしくは製材したのみでコンテナに入れる必要のない未乾燥材の状態での輸入している。海上コンテナは秋田港に入ってくるが、秋田港はフィード港であり、ハブ港は釜山となっている。他には台湾、香港、シンガポールなどもハブ港として機能している。日本は組合で運営しているため規則が多く、日曜祝日と夜間の操業がストップするため、大型船は入港しない。

### ・国内流通に関して

90年に流通業者の規制緩和が行われ、許可制から認可制に移行した。ここ10年ほどで、業者の統廃合も行われてきたが、90年頃新規で参入した業者が導入した多くの車両の寿命はまだ残っており、国内は車の供給過剰である。JRはコンテナ輸送になる。サイズは、5tが主体だが、10tも多少ある。サイズが限定されるため、小ロットで5t程度の物を長距離（鹿児島など）運ぶ際には活用する。ただし、大阪以西でないとその有利性はない。大量の物の場合は船を使う。北海道は船かJRコンテナのみだが、フェリー代がかかるため、JRが優勢。

## ■まとめ

国内外を問わず素材生産者と製材加工業者、あるいは製材加工業者と消費者をつなぐ役割を果たしている。流通業務以外にも、情報の提供という目に見えないが重要な役割を果たしている。

資料編

---

再加工

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年6月
対象団体名	A 協同組合
所在地	秋田県秋田市
業務内容	防腐加工、準不燃加工、プレカット、エクステリア
キーワード	防腐加工



(プレカット材 / 内装材)



(防腐加工装置 / おがくず)

## ■ 調査結果

### ・プレカット部材生産について

販売先については平成15年度までは県外からの外注もあったが、現在はほとんどなされていない。また、原材料は米マツ（梁・桁等として50%）やホワイトウッド、レッドウッド（構造用集成材として30%）、杉（通し柱・管柱・束等として20%）が利用されている。また、管柱はホワイトウッド・レッドウッドの集成材利用が多い。梁等については一時期カラ松の集成材を使ってみたものの、強度はあるものの材質が硬く、刃物に負担がかかり機械全体への負荷が増すことから米マツに戻している。また、昨年度からWウッド・Rウッドの価格上昇が著しく、国産材に追い風が吹き始めたと言われている。このため、スギの集成材の利用も考えている。仕入先は東北近県から仕入れており、丸太で仕入れることはなく、製材された後の柱材を入荷している。

### ・エクステリアについて

平成19年度秋田国体による受注も多く、空港の内装材としても提供している。売上はプレカットに続き20%を占めており、仕入れでも同様に17%程度を占めている。仕入先は県内で、原材料としては、90%が杉で間伐材の利用も多い。業務は国・県等地方公共団体で、ほとんどが下請けの形で行われており、販売先はほぼ県内だが、若干東北近県にも販売している。

### ・準不燃材の加工について

水溶性セラミックス防火液を加圧含浸し、さらに防腐・防カビ性のセラミックスコーティング処理を行っている。この処理によって内装制限の厳しい場所でも無垢の板が内装材として利用することができ、ほとんどが国体関連で秋田空港に出荷されている。その原材料は90%が杉で間伐材の利用も多い。国土交通省の認定商品である。

### ・防腐加工について

エクステリア部門にまたがる案件が多く、発注者はほぼ同じである。防腐施設は加圧式防腐処理法で、木材真空加圧含浸装置を2基（直径1.5m×9m）所有している。この処理によって長期的な防腐防蟻効果が得られる。

### ・副産物、廃棄物について

プレカット・エクステリア両部門において発生する端材は樹種混合のまま梱包し、4トントラックで能代市の業者に引き渡され、パレットの製造原料となっている。また、過程で発生するおがくずについては県内の酪農業者がひきとっている。準不燃材は杉の板材で、寸法切りの際に長さ10～20cm、幅9.5cm厚さ1.5cm程度のものが出るが、焼却処分している。

## ■ まとめ

A協同組合における防腐加工の割合はとても少なく、業務内容は時代の変遷に伴ってめまぐるしく変化している。現在はプレカットがメインであり、防腐加工や不燃技術を生かしている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年10月
対象団体名	Pプレカット工場
所在地	茨城県岩井市
業務内容	木材プレカット
キーワード	国産材・輸入材・プレカット・リサイクル・目利き



(多棟木拾装置／横架材、柱材ライン)



(加工された材／チップ化される端材)

## ■ 調査結果

### ・原材料に関して

国産材は、福島、秋田、北海道などから、輸入材は、ロシア、北欧から輸入する。輸入材は海外の6製材業者から、全て製材されたものを海外の製材拠点から直接輸入。商社はほとんど介していない。国産材はユーザーの要求に合ったものを仕入れる。割合としては、月によって多少変動はあるが、国産材の割合がだいたい10～20%。国産材はほとんどがカラマツ集成土台、柱一部あり、全体の2%が他の国産材になる。

### ・製造工程に関して

多棟木拾装置：一度に10棟分に必要な部材を選び出し、十分な長さにカットして拾い上げる装置。10棟同時に管理するので、端材の量を少なくすることができ、この装置を導入して7%歩止まりが上がった。でてくる端材は40cmくらいまでのものしかなかった。

メインカットソー：木拾装置から渡される製材を適切な長さにカット。

横架材、柱材ライン：細かい仕口の加工を行う。加工した製品の出口は複数あるが、同じ現場のものは全て同じ出口から出るように管理されている。部材にはひとつひとつに番号がつけられており、コンピューターで管理されている。加工ミスは年間数件しか起こらない。

### ・発生副産物に関して

木のリサイクル率は97%（燃料用チップ10%）。以下に各発生副産物の処理を委託している業者数と、用途について示す。

- ・ チップ：1社のみ、有価で売却している。
- ・ おが粉：16社（畜産農家、掃除屋、猫砂のもと）
- ・ 端材（横架材、柱材）：5社。間柱、パレットにする。
- ・ 羽柄材の端材：1社。万能棒、リン木に使う。
- ・ 合板：2～3社。ドアの芯材や輸出用パレットとして利用される。合板は消毒がいらないという利点がある。
- ・ 木くず、ゴミ：1社。この中の一部はバイオマス発電所に回っている。

## ■ まとめ

プレカット工場では、材の加工・管理が、システム化されていることもあり、発生する副産物も分別されて回収されている。そのため、副産物の再資源化が積極的に行われており、品質によって細かく再資源化方法が定められていた。

施工

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	S物産館
所在地	秋田県山本郡二ツ井町
業務内容	物産館
キーワード	地産地消・伝統構法



(ゼオライト/曲がり梁)



(落とし壁/外観)

## ■ 調査結果

### ・施設概要

設計は地産地消を掲げる地元の設計士による。基礎のコンクリートなども含め、建築資材の9割方は地元産のものである。地元産でないものは断熱材、屋根材、サッシのみである。二ツ井町名産のゼオライト（調湿性、吸アンモニア性に優れている）を基礎や塗壁の中に使用している。また、モノだけでなく、現場の職人も地元出身の人が多く、彼らは、この物産館のような伝統構法の現場を経験することでレベルが向上する。既製品よりも多少値段は高くなるが、K材木店から材料を仕入れている。

### ・構法について

金物を使わず木ダボなどで接合する伝統構法を基本とし、曲がり梁、先鴨居など新しい構法も取り入れている。金物を使わないため仕口が細かすぎ、プレカットは不可能である。よって継ぎ手仕口等は全て現場で加工している。壁には伝統的な「落とし壁構法」を採用している。この構法は施工が楽であり、壁面をそのまま仕上げ面とすることができ、また室内が暖かいなどの利点がある。塗料は外壁の一部に使用したのみである。この建物はS I（スケルトン・インフィル）建築で構造体と設備等の内装が別になっており、壁をとってしまえば自由に間取りを変えることができる。

### ・廃棄物について

現場で出る廃棄物は焼却処分、または燃料として回収している。

## ■ まとめ

S物産館では、秋田県の伝統構法を各所に見ることができる。木材を多用したこの建物は使用者にも好評のようで、秋田スギのよい宣伝になっている。地産地消を掲げる地元の設計士の設計らしく、秋田スギ以外にもゼオライトなどが使用されている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	Zケアハウス
所在地	秋田県大館市
業務内容	秋田スギ構造材を用いた老人ホーム（見学当時は施工中）
キーワード	秋田スギ構造材・地元の材木店



（施工現場/ファイアストップとブレース）



（S造の食堂/スノーストップ工法）

## ■ 調査結果

### ・原材料について

構造材に秋田スギを使用している。スギの他にはベイマツ、ベイヒバを使用している。ただし、防火規定の都合上、一部はS造・RC造となっており、とくにスパンの大きい食堂・事務室には鉄骨を使用している。施主が地元の材木店の方であるため、木材（とくに秋田スギ）を使用することに注力した。

木材を公共施設の構造材に使用したことから、法令上すべての壁の内部にファイアストップとブレースをつける必要があった。ファイアストップには一部現場端材を利用している。

屋根は鉄板で、一部はスノーストップ工法とし、無落雪屋根としている。秋田県は降雪地域であるので積雪対策は重要である。

### ・秋田スギを使用したことによるコスト・工期への影響

全体としては、コスト・工期はS造やRC造など他の工法の場合と同じ程度になった。間柱がおよそ1000本と多く、ブレースの加工なども多かったことがその理由である。ブレースの代わりに木パネルなどを使用することができれば、現場施工が減り、大幅に工期が短縮できたと考えられるが、役所からの許可が下りなかった。（木パネルによる構造は、量産を前提とした建築物の場合以外は許可が下りにくい。）

### ・施工について

ブレースなどの細かい加工は工場では行えないため、現場で施工した。

### ・廃棄物について

廃棄物の発生量は種類ごとに細かく把握している。工事終了後、秋田杉を構造材に用いた場合の材料・廃棄物の量として整理し、発表することも考えている。

## ■ まとめ

Zケアハウスは施主の方が地元の材木店の社長であるということで、秋田スギをはじめとした木材の利用に重点を置いている点が特徴的である。しかし、ファイアストップとブレースの加工により現場施工が多くなって工期やコストが増加してしまい、木材を公共施設に使用する難しさがうかがえた。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年9月
対象団体名	N設計事務所
所在地	秋田県能代市
業務内容	建築設計
キーワード	秋田スギ・地産地消・コンペ・高気密・高断熱住宅



(魅力ある住宅コンペ案/住宅内観)

## ■ 調査結果

### ・設計内容について

事務所所長のN氏は能代市出身で、幼い頃から製材工場で上質な木材で工作遊びをしており、秋田スギには親しみがあつた。25年前に独立し、能代の設計事例で和室に人工杉、天杉、化粧単板張り集成材、天杉張り天井板などに秋田杉を用いた。その他は北洋エゾマツなども用いていた。22年前からは高断熱・高気密住宅を多くの設計者が取り入れるようになり、秋田スギ天乾割角を使用するようになった。15年前から、集成材管柱、梁集成材を使用。10年前から、秋田スギ集成材、梁ドライビームを使用。5年前から、人乾割角秋田スギ、梁秋田スギ、梁ドライビームを使用。2年前から認証ラベル付きの人乾芯持材を使用している。秋田県や国の秋田スギ使用方針に関して意識を高める努力、人工乾燥・集成材などの新しい技術への対応、そして海外での研修で木造建築のバウビオロジーや構法の研修を受けるなどN氏独自の研究により、多くの秋田スギ建築を建設するに至っている。

### ・秋田スギを利用した魅力ある住宅提案コンペに関して

秋田県が行った「魅力ある住宅提案コンペ」では外壁・内装に秋田スギを利用した設計で最優秀賞を受賞している。地元産の珪藻土・ゼオライト・樹皮ボードなども使用し、地産地消を意識した。秋田県の広報活動により秋田スギを外装材や床材に用いることへの抵抗が少なくなった。N設計事務所では秋田スギに関して、天乾、高温・中低温人乾、割角、芯持、強度、赤身、白太など様々な使い方をしていて評価を得ている。公共事業コンペのために、木造に特化した設計者のチームを組んでいる。コンペの他、「木のまち」と名打った秋田スギ利用住宅地の住宅設計もN設計事務所を含め4社のチームで行っている。

### ・アトリエの設計について

片流れのシンプルな形状で、外装材には秋田スギ下見板の厚18mmが無塗装でよい貼されていた。木製サッシの窓が所々に空き、屋上緑化されている。植物＋土＋シート防水で、施工から13年になるが、雨漏りなどは発生していない。天井、壁はスウェーデンパイン厚12mmで無塗装のものを使用、2階奥の壁のみ石膏ボード厚12mmで予算を浮かせた。床は合板フローア厚12mmを使用。主な設備としては、暖房がFF石油ストーブ(4000kcal 1台)、冷房がエアコン(3.6kw 3台)、給湯が電気給湯器であった。

## ■ まとめ

N事務所では、木造で高気密高断熱を可能にする構法開発に非常に熱心に取り組んでいる。断熱気密と地産地消の両方の要求から、秋田スギをはじめとする地域材を活用している。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年9月
対象団体名	K料亭
所在地	秋田県能代市
施設内容	料亭
キーワード	銘木・格天井・100畳の大広間

## ■ 調査結果

### ・ K料亭について

K料亭は明治23年創業の老舗料亭である。現在の建物は、昭和12年に完成した。樹齢260余年の天然秋田杉をふんだんに使用した豪華な造り、優雅な形態が近代能代の文化の繁栄を伝える歴史的建造物として評価され、平成10年に国の登録有形文化財となった。

一階の満月の間（56畳）の五枚の中杵（なかもく）天井板は長さが約9mもあり、1本の天然秋田杉からとったもので、今では絶対手に入らない逸品である。2階の大広間は154畳もの広さがあり、1枚1畳の大きさの杵目（もくめ）板を4畳半ますに組んだ格天井になっている。小座敷（5部屋）はそれぞれが違う意匠で、床柱や欄間など様々な所に贅沢に銘木が使用してあった。



(満月の間 / 大広間 / 格天井)



(欄間 / 床の間 / 庭の様子)



(通路の様子 / 網代 / 外観)

### ■ まとめ

K料亭は、銘木秋田杉の産地として栄えた能代の隆盛を今に伝える貴重な建築物である。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年9月
対象団体名	A小学校
所在地	秋田県能代市
施設内容	小学校
キーワード	木造校舎・防災区画



(小学校外観/体育館内観)



(廊下/杉デス君)

## ■ 調査結果

### ・A小学校について

旧校舎の老朽化により、N設計事務所の設計で2006年3月に竣工した新しい小学校である。

外壁は秋田スギに鋳物系塗料を塗り、経年変化が目立たない落ち着いた色合いを出している。外壁は日差しを浴びるとアルミサッシなどの金物とともに金属的な輝きを放ち、単純な木造に見えない意匠的な面白さがあった。白太の部分を上から補強する形で杉板縦張り目板打ちで、旧校舎と色合いや形を合わせている。また、複数棟にすることで、純粋木造としている。

教員室の床は秋田スギフローリングブロックであるが、児童が走り回るその他のスペースは耐久性を考慮し、ブナ厚貼り複合フロアとしている。昇降口の吹き抜け開口部は唯一秋田スギの木サッシが採用されたところで、2階から昇降口を見下ろすとガラス越しに浅内沼や砂防林、男鹿半島を望むことができる。

一般教室では、秋田スギを利用した机（「杉デス君」）と椅子、ロッカー、吸音性の高いインシュレーションボードが採用されている。壁面の強度を増すために、廊下に面した窓を二重にして、その間に筋交いを入れた壁が見られた。

### ・体育館棟について

体育館も同様にN設計事務所の手による。杉難燃化粧合板で準耐火の壁を構成し、ブナ厚貼り複合フロア、ベイマツの直通集成材を構造材として用いた木造体育館である。一般教室棟からは渡り廊下を通してアクセスする。1000㎡を超える建物ではあるが、準防火壁や防火区画を設定して教室棟と分けたりして基準をクリアしている。

## ■ まとめ

公共事業における木造校舎建設では、予算の都合上から秋田スギ使用予定部分がボードに変更され、構造上の変更が加えられるなど、まだまだ問題が多いことが分かった。また、外壁の浅黒い色合いに難色を示す声もあり、杉への一般のイメージがもっと明るい色であることを伺わせた。秋田県では、県内の木造校舎について順次立て替えていく計画であり、秋田スギを使用した校舎が今後も建設されることが期待される。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	大館樹海ドーム・樹海体育館
所在地	秋田県能代市
施設内容	スポーツ施設
キーワード	秋田スギ大断面集成材



(樹海ドーム外観/内観)



(大断面集成材/樹海体育館内観)

## ■ 調査結果

### ・大館樹海ドームについて

大館樹海ドームは、平成9年に竣工した世界最大級の木材架構のドームである。秋田県によるコンペで、伊東豊雄建築設計事務所による秋田スギを使ったドームの案が選ばれた。構造設計と施工は竹中工務店が行った。60年生以上、直径20cm以上の秋田スギ約25000本を使って大断面集成材が製造され、アーチ構造の屋根架構材として使用された。

### ・樹海ドームの大断面集成材について

ドームの建設には、径級20～30cm・長さ3.65mの丸太約6万本が必要とされ、更に使用する挽き板はヤング係数50トン/平方センチ以上である必要があった。これを製材所では、60年生以上・二番玉以降の材から採るとして必要な量を揃えた。(一番玉《最も根本に近い部分》の中心付近は、木が若い時期に形成された弱い材である。そのため一番玉を原料として使用すると、製材したときに一定の割合でヤング係数の低いものが出る可能性が高い。こうした木材高度研究所の飯島教授の意見から、樹海ドームの集成材には二番玉以降が使われることになった。)

また、ドームのために何本の原木が必要になるかを算出する際、「製材する際に出る端材を必要な木材量に含めなかった」「実際には不可能な木取りの方法が想定されていた」という間違いがあり、当初の予定より大幅に多い原木が必要となった。最終的に、樹海ドームに使用された原木は県北の米代川流域の人工植林で採材され、七つの営林署を通して揃えられた。

また大断面集成材の加工は県内の既存の工場では不可能だったため、新たにA集製材業者が設立された。県内外の集成材メーカーの協力と指導を受け、最上位にランクされる品質のスギ集成材の生産が可能になった。

### ・樹海体育館について

樹海ドームのすぐ隣に建つ樹海体育館は、ベイマツ集成材架構と秋田スギの内装を用いた体育館である。設計は石本建築事務所により、施工は竹中工務店・若築建設・イトウの特定JVによって行われた。

## ■ まとめ

樹海ドームは秋田スギの大断面集成材を大胆に活用したドーム建築であり、建築家・施工業者・木材提供者・集成材製造業者・アドバイザーとして木材高度加工研究所など多くの人々の力を結集して完成した。ただし、原木の確保に苦労するなど新しい事業ゆえに障害も多かったようである。

資料編

---

解体

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2008年1月
対象団体名	K 解体業者
所在地	埼玉県さいたま市
施設内容	解体業、中間処理業
キーワード	解体、チップ化、リユース



(社屋 / ストック部材)



(移築例外観 / 移築例小屋組)

## ■ 調査結果

### ・概要

一般的な各種構造の住宅・非住宅の解体だけでなく、特殊建造物（ゴルフ練習場）の解体やアスベスト撤去などの特殊工事や、伝統建築の移築のための解体など幅広く手がける。また中間処理施設（がれき類、木くず、ガラスおよび陶磁器くず、廃プラ、など7品目）、最終処分場、木材チップ化施設を持つ。

### ・古民家の再築について

民家の再築は多くの条件がそろわないと実現が難しく、移築などの大々的な再使用が検討される物件は、当社の住宅年間解体数 400 棟あまりのうち1～2棟ほどである。しかし伝統木造建築も含めて、改修・リフォームなどのための一部解体は増えてきており、移築解体などの詳細解体のノウハウがある当社にとっては得意とする解体工事である。

### ・解体について

古民家の移築を前提とした解体は手壊しで行うため、機械解体以前の解体を経験した解体工のノウハウが必要になる。解体が大変な部位は、柱・梁・貫などが密で躯体が強固に固まっている部分や楔・栓の使われている部分である。

### ・再使用について

寸法体系の違いにより、地域を大きく移しての移築は難しい点が多い。同様の理由から、柱などの縦材は梁・貫などの高さが限られてしまうため、再使用されないことが多い。再使用されることが多い部材は大断面材や欠損の少ない横架材、内装材、床板、天井板である。垂木、野地板、根太、大、引など普段目に付かない位置の部材はお金をかけていないことが多く再使用する価値があまりない。

### ・古材のストック・流通について

廃棄物処理法との折り合いが流通面の大きな課題。特に、解体段階では再使用先が未定で、古材バンク等にストックされるものの場合の扱いが難しい。当社社屋の1階の倉庫にストックされている古材・家具は内装、建具などの小さい部材のみで再使用先が決まっているもののみであった。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年7月3日
対象団体名	H 古材バンク
所在地	東京都江東区
業務内容	古材・古建具のストック、販売
キーワード	古民家・手壊し解体



(ストックヤード／古材の例)



(使用例・マツ柱／使用例・マツ梁)

## ■ 調査結果

### ・業務内容について

関東近辺の古民家で使われていた床柱、床板、柱、梁、蔵戸、格子戸、板戸、ガラス戸、襖や障子などの古材や古建具から、古道具や古民具まで幅広く扱っている。最近では若い人を中心に古材もある程度認知されてきているが、古材バンクを始めた当初は骨董市などでお客さんの開拓から始めた。

### ・ストックについて

古材バンクには広大なストックヤードが必要となる。H 古材バンクでは、新木場以外に3箇所のストックヤードをもち、幅広い製品を確保しておくよう心がけている。現在、柱・梁のみで2000本、古建具500枚のストックがある。

### ・古材の調達について

古材の供給元となる古民家はほとんどが関東圏にあり、築160～100年のものが多い。一部、立派な古民家であれば新潟や長野まで買い付け・引き取りに行くこともある。古民家解体といっても、専門の解体業者がいるわけではなく、手壊しで丁寧な解体をしてもらうよう解体業者に施主さんを通じて伝達することが非常に重要になる。また、解体の手間との兼ね合いで、柱梁接合部で柱のみ、あるいは梁のみを生かして残りは切断してしまうことも多い。平均して1軒の古民家から50本の柱・梁を買い付けあるいは引き取る。また、顧客の要望にストックで対応できない場合は、古材市場（千葉・埼玉・神奈川）で買い付けすることもある。

### ・古材の品質確保について

古材の釘抜き、磨き作業はH 古材バンクで行っている。また、大きな寸法のものの再製材を千葉の製材工場に頼むこともある。この際、古材に残存している釘が非常に問題となっている。また、柿渋・植物油塗りなどの仕上げ加工も行っている。

### ・購入者について

施主本人や建築士がH 古材バンクのホームページなどを見て買い付けに来る場合がほとんどである。一部、飲食チェーンの内装用にまとめて購入するなどの例もある。利用方法は、内装・化粧梁・家具・オブジェなどがほとんどで、構造として再利用するのは移築の場合以外はほとんどない。やはり、寸法の問題や虫食いの問題が大きい。また、設計段階では古材の利用を想定しておらず、施工段階で購入しに来る場合がほとんどである。そのために設計変更や施工上問題が起きることがある。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	Sチップ業者
所在地	秋田県能代市
業務内容	木材チップ製造・チップ集荷・販売・一般製材・古紙回収
キーワード	木材チップ・樹皮・製材不適材・ボード工場、製紙工場



(チップパー/製造されたチップ)

## ■ 調査結果

### ・秋田県内のチップ業者について

昭和63年当時、能代山本周辺には製材所が500ヶ所、チップ工場が10ヶ所あった。現在能代山本のチップ工場はSチップ業者のみとなっている。秋田県内のチップ業者にはこの他県南に小さな工場が一つあるのみで、大館・秋田周辺までS製材業者がカバーしている。以前はチップ製造のみを行っていたが、原材料の中にまだ製材できるものがあることから現在は一般製材業務も行っている。

### ・チップ製造について

扱う樹種は主にスギ、マツ。広葉樹（ナラなど）も少量だが扱っている。ストックヤードに野積みされていた立派な木材は製材用に森林組合・原木市場で購入してくるもの。製材不適材や端材・製材工場で製造されたチップについては、電話を受けて回収に行く。買い付けに行く範囲はおよそ半径60km（最高100kmまで。材料の品質による。皮付きの端材は50km以上は回収に行かないなど。具体的な範囲としては能代・秋田・大館・まれに青森・県南）。他県の製材工場から端材が受け入れ可能かチェックしてくれるようサンプルが送られてくることもある。原料の品質チェックはチップの品質に直結するので慎重に行っている。現在、取引のある製材工場は40～50社を数える。トラックは12台所有しており、買い付けに行く運賃・燃料費は全てSチップ御者の負担である。製材工場などからSチップ業者に持込される場合もあり、これら持ち込みの材が原料の1割ほどを占める。製造されたチップは樹皮の付着のない物は製紙工場に、樹皮付きのものはボード工場にそれぞれ原料として販売されている。

### ・チップ化と製材の割合

チップ：製材=8：2の割合。製材不適材に限れば、チップ：製材=9：1とチップ化の割合が高くなる。チップの生産量は絶乾状態で毎月数千tに上る（未乾燥状態ではおおよそ重量の倍）。販売されるチップの検収は相手の工場任せである。検収結果では含水率50～60%の範囲が多く、取引は絶乾重量で行われる。チップの値段は2004年に少し下落し、現在は若干値上がり状態にある。

## ■ まとめ

Sチップ業者は、木材の再資源化には欠かせないチップ化を行い、製材業で使われなくなった木材を、ボードや製紙といった新しい製品の原料として生まれ変わらせる働きをしている。このような、木材を製材業から他産業へと移行させる働きをする一方で、製材不適材とされた原料の中から製材可能な材料を見つけ出し、再び製材することも行っている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年9月
対象団体名	A 建設会社リサイクルセンター
所在地	秋田県北秋田市
業務内容	チップ製造・廃アスファルト、廃コンクリートなどのリサイクル
キーワード	ファインウッド・焼却炉・最終処分場・処分費用



(生木/手選別)



(取り除かれた金属/ファインウッド)

## ■ 調査結果

### ・会社業務内容の概要

A 建設会社には環境事業部・土木部/解体部・運送事業部・建築部がある。今回の調査対象は環境事業部のリサイクルセンターである。リサイクルセンターでは、①木屑（主に解体材）から丁寧な手選別を行い良質なチップの製造、②碎石製造、③石膏ボードからグラウンドラインマーカー製造、④焼却処分、という4つの業務を行っている。平成14年5月の建設リサイクル法施行に伴って、今までの焼却処理からチップ再利用への取り組みを開始した。

### ・木屑の取得先について

北秋田市内、大館市内の公共工事請負業者や解体業者、工務店、造園業者などから受け入れている。取引先割合は、解体業者がほとんどを占め、公共工事請負業者、工務店、造園業者などもある。このうち解体業者は自社の解体部のもちこみが50%ほどで、自社関連の原材料が50%近くを占めていることになる。解体業者からの解体廃材が原材料の大半を占めるため、取引先の解体工事受注の頻度や規模によって受け入れる量が左右される。また、降雪地方であるため12月～3月までの搬入はほとんどない。受け入れる際の規格は木屑以外の不純物が混入、付着していないこと（釘は可）である。良質な角材が入ってきた場合は、チップにはせず、自社の土木工事で標準点を取るために使用したり、型枠止めとして使用したりする。

### ・製品について

50～6mmのチップ（歩道クッション材・マルチング材・木質ボードの原料:秋田県リサイクル認定品「ファインウッド」）と5mm以下のチップ（家畜の敷き藁・マルチング材）の2種類。ファインウッドはAボード工場に売り、ボード原料として利用されている。5mm以下のチップはM牧場に販売し、敷料の代替品として利用されている。枝や伐根、防腐処理されているものなど破碎してもファインウッドとして製品にできない物は、外部で適正に処分している。取引量の割合は、Aボード工場とM牧場で大半を占める。ただし、生産量は供給量に左右されるため、安定的とはいえない。ファインウッドとしての需要があまりないため、Aボード工場への販売を始めた。

## ■ まとめ

A建設会社では、厳しい受け入れ基準・丁寧な選別により質の高い木質チップを製造している。この製品は秋田県のリサイクル製品認定も取っているが、実情としては利用先が見つからず、一般的なチップと同じようにボード原料や敷き料として利用されている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年12月
対象団体名	Yチップ製造工場
所在地	神奈川県横浜市
業務内容	廃木材の破碎中間処理
キーワード	解体発生木材、チップ、パーティクルボード



(MDFなどの解体材 / 不純物の手選別)



(チップ製造ライン / 製品チップ)

## ■ 調査結果

### ・事業概要

工場稼働開始は、平成17年11月1日でありちょうど一年経過した。設立には、パーティクルボード原料としての受け入れ先であるTパーティクルボード業者と、合板梱包材の排出を行う、運輸会社とが共同出資している。

### ・原料受け入れに関して

受け入れ先としては、中間処理材、梱包材、解体材、新築系端材であり、生木などは少量である。新築系端材の内、コンクリート型枠として用いられるコンパネは数%であり、型枠工務店等から持ち込まれる。また、一般廃棄物処理業の認可を受ける事によって、横浜市内の夏期・冬期における樹木の剪定材を受け折れる事が可能になった。横浜市内では、樹木を受け入れる処理業者が少ないため、まとまった搬入量が期待できる。

多くのバイオマス発電所の操業開始を前に、各チップ工場が価格を考慮せず廃木材を大量に集荷し蓄積している関係もあり、だいたい2円/kg程度価格が低下している。

### ・製造チップに関して

製造しているチップは、製紙用/パーティクルボード用/サーマル用に大別する事が出来る。これらは、原料となる廃木材の性質により基本的に決定している。ボード用に関しては、販売価格と輸送運賃とが相殺されて、ほとんど利益が残らない状態であり、サーマル用に至っては、輸送費の負担も含めてマイナスである。製品チップの8割以上をボード用チップが占めている。ボード用チップは、梱包材や新築系の廃木材が原料である。ボード用チップの質に関して制限があるのは、納品するチップのうちコンパネの割合を20%以下、ダストの割合を20%以下とする事と、含水率をダストに関しては4%以下、チップに関しては25%以下に整える事である。

サーマルチップの原料には、MDFや化粧合板等の解体材が使用されている。

## ■まとめ

このYチップ業者は、秋田で調査を行ったSチップ業者とは異なって、製材加工段階の副産物はほとんど無く、施工解体段階の廃木材が中心であった。そのため、大規模な設備での異物除去の繰り返しに加えて、一次破碎後に、分別のスペシャリストによる手作業での分別作業が行われ、異物除去に重点を置いている点で秋田とは異なっていた。この両者を同じチップ業者としてまとめるのかどうかは、検討の余地がある。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年11月
対象団体名	N製紙工場
所在地	秋田県秋田市
業務内容	用紙、ダンボール原紙、パルプの製造、販売
キーワード	チップ・古紙・船便・木材商社



(N製紙工場俯瞰) 会社HPより

## ■ 調査結果

### ・原材料について

古紙雑誌とウッドチップ（輸入：国産＝8：2）。輸入チップはオーストラリアのユーカリチップがほとんどで、一部タイからも輸入している。オーストラリアはなだらかな地形で、森林整備のコストも伐採にかかるコストも安い。よって安いチップを大量に作ることができる。国産チップはスギ間伐材、マツクイムシ被害材、製材端材、解体材由来のもの。全てチップの形で仕入れている。以前は国産材チップをチップ業者から直接購入していたが、現在は商社に委託している。N工場から商社に出荷予想に合わせてチップの注文がいき、商社でSチップ業者などのチップ業者にサイズ指導、厚み指導（とくに解体材）を行っている。防腐処理などしてあるチップは受け入れない。取引のあるチップ業者は長い付き合いのところが多いので、チップの品質は一定の範囲内にある。また、製造工程の中のスクリーン技術向上により、細長いチップなど品質の悪いものでも原料として利用できるようになった。

昭和47年の操業当初はダンボール原紙のみを製造しており、原料は100%ウッドチップであった。昭和57年に古紙の利用を開始し、現在はダンボール原紙の原料の大半が古紙、残りがチップ。洋紙原料は100%チップである。今は古紙のほうが安く、割合が高くなっているが、古紙の値段があがればチップの割合を増やすだろう。他に、ティッシュなどの原料となるパルプも製造している。

### ・流通について

N工場は秋田港のすぐ隣にあり、横もち料のかからない工場である。こうした立地条件や製品の質の高さにより安い外国産の製品との競争力を得ている。船便は安いことが特徴で、オーストラリアから2週間かけて秋田に輸送する値段と、大館市からトラックで秋田まで輸送する値段はほぼ同じである。秋田港には韓国とのコンテナ定期船があり、これを利用して韓国、東南アジアへの輸出も行っている。輸出量は生産量全体の7～8%を占めている。国内のほうが国外よりも高く売れるので、なるべくならば全て国内で販売したい。

### ・バイオマス発電所の影響について

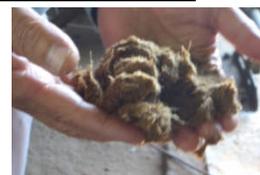
国産材チップのうち樹皮の占める比率が過去25%ほどまであがったこともあるが、バイオマス発電所ができてからは低下し、現在は18%で落ち着いている。

## ■ まとめ

Sチップ業者などで製造されたチップのうち、質のよいものが商社を通してN製紙工場に販売されている。N製紙工場ではチップの取引に商社を仲介させることで、効率的な運搬と質の確保を行っている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年11月
対象団体名	Aボード工場
所在地	秋田県能代市
業務内容	ハードボード・インシュレーションボードの製造
キーワード	チップ等級・バイオマス発電所



(樹皮/ボード原料)



(ボード製造の様子/樹皮ボード)

## ■ 調査結果

### ・原材料のチップについて

Aボード工場では、年間2万tほど(絶乾重量)のチップを集荷している。樹種はほぼ100%針葉樹である。平成17年度のチップの購入元内訳は、能代地区(バージンチップ)と関東地区(解体材)からほとんどであり、県内および近県(解体材)は数%である。関東の解体材は川崎港から船で運搬している。この他、近辺の製材工場、合板工場などから排出される樹皮(バーク)を、インシュレーションボードの原料として10%混ぜている。

### ・チップの購入基準について

購入時に優先的に考慮しているものは、1) 価格(バージンチップ・解体材・樹種などによって異なる)、2) 品質(樹皮率、ダスト率)、3) 距離(工場から半径80km以内を目標としている)である。具体的な基準としては、先端技術センターがまとめたチップ品質基準のBチップを受け入れている。Bチップの原料は主にパレット、梱包材、解体材で比較的断面積のあるものと無垢材となっている。関東の解体材チップ業者は規模も大きく、チップの品質管理もしっかり行っているので安心して受け入れられるが、能代周辺のチップ業者は規模も小さく、チップを品質でレベル分けすることが定着していないので、受け入れる際の品質のチェックを厳重に行っている。

### ・バイオマス発電所との関連について

Aボード工場では、電力需要のうち大半を隣接するバイオマス発電所の運営組合から購入し、蒸気は需要量全てを組合から購入している。この蒸気を、チップを蒸す、乾燥、ホットプレス、工場内の暖房に利用している。また、バイオマス発電所に持ち込まれる樹皮のうち状態のいいもの(砂の混入が少ない、含水率が少ない)はAボード工場が購入し、粉碎して、インシュレーションボードの原料として利用している。また、ボードの原料にできない細かいダストや乾燥後のボードの端材などはバイオマス発電所に処理費を払って燃料として処理してもらっている。

## ■ まとめ

A工場では製品の品質レベルを保証するためにチップの品質レベルの確認を重視している。また、隣接するバイオマス発電所から電力・蒸気・原料を購入し、一方で製品にならないダストなどを提供しており、「共存共栄」の関係にあるといえる。A工場では、樹皮・解体材チップについて、マテリアル→サーマルリサイクルとカスケード利用している。しかし近年は手間のかかるマテリアルリサイクルを敬遠する業者が多い。さらに、原油高による燃料転換やCO<sub>2</sub>削減を背景とした国の政策もあり、バイオマス燃料の需要が急増している。このため、ボード業界では原料チップ(とくに解体材)の集荷が難しくなっており、解体材の取り合いが起きている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年8月
対象団体名	T パーティクルボード工場
所在地	東京都江東区
業務内容	チップ製造・パーティクルボード製造
キーワード	建築解体材・パーティクルボード・バイオマス発電



(チップ製造の一次破碎機 / 原料チップ)



(チップサイロ / パーティクルボード断面)

## ■ 調査結果

### ・チップ製造に関して

当社で製造されるパーティクルボードの99%がマンションの床下地材として利用されており、首都圏のマンションの約70%のシェアを誇っている。チップ原料の回収は製品を搬送した帰りの静脈物流を利用することが多く、自社トラックで解体現場に設置したメッシュパレットを回収してくる。型枠メーカーからのコンパネの回収は以前から行っていたが、コンパネ端材はどうしても付着したコンクリートによってチップがアルカリ性によってしまい、接着剤が働きにくくなってしまう問題がある。この解決のために、生木を原料としたり、接着剤工場を作って接着剤の改良に努めるなどしている。廃棄パレットは品川・芝浦・青梅などで物流に使われたもので、持ち込まれるものも多い。国産パレットは規格化され、再利用も進んでいるためあまり回ってこないため、ほとんどが輸入パレットである。解体材の原料比率は5%までに抑えている。非鉄金属の除去はある程度現場で行わないといけないため、解体業者との直接取引はほとんど行っておらず、信頼できるゼネコンとの直接取引となっている。そのため、古い木造家屋の解体材などはほとんど入ってこず、たまに病院の改装や古い倉庫の解体などで入ってくる程度である。

### ・パーティクルボード製造に関して

パーティクルボード工場設立当初は、原料のほとんどが合板製造時の端材や未利用材を切削して作ったバージンチップであった。平成元年になると、廃木材を原料に入れ始め、平成3年に産業廃棄物処理許可を取得、平成10年には一般廃棄物処理許可も取得している。平成6年ごろから原料に宅地造成時の伐採伐根や剪定枝などの生木を入れ始め、平成12年、原料の100%を廃木材とすることに成功した。現在は8000t/月のパーティクルボードを製造している。

## ■ まとめ

このパーティクルボード製造メーカーは、受け入れ基準を厳しく定めて原料となる廃木材をできるだけ高い値段(処理費)で、できるだけ大量に仕入れるかに重点を置いていた。Yチップ工場が設立されたのもその一環である。その背景には、あまり受入基準の設定されていないバイオマス発電所との廃木材の確保競争が見込まれている事がある。本工場の様に、製品の売りに加え、廃木材の処理費で利益を出す仕組みは、再資源化に関わる業者の典型的な形式と考えられる。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年7月
対象団体名	A 複合建材製造工場
所在地	秋田県北秋田市
業務内容	M-wood 製造・加工
キーワード	M-wood、再生建材、廃木材、 廃プラスチック



(原料の廃木材 / 原料の廃プラスチック)

(原料を混合して製造したペレット / 押出成型)

## ■ 調査結果

### ・ M-Wood に関して

AO-Mwood は、廃木材及び、廃プラスチック(PP、PE、PVC)を原料とし、押出成形機を通す事により製造する。実際には、公園等に用いられる、バーコラやデッキ材、またルーバー等でも施行例が見られる。JIS A5741 木材・プラスチック再生複合材の認定を今年度末に受ける。

### ・ 設立・概要に関して

秋田県のエコタウン計画の一環として、平成 14 年 12 月に、ハウスメーカー M 社の技術を利用し、資本金の半分を国の補助で負担した、全国で 6 件目の Mwood 製造業者である。

### ・ 原料受け入れに関して

基本となる原料の割合は、木質原料：プラスチック原料＝55%：45%である。

### ・ 木質原料

契約している 4 カ所の中間処理業者から、大館市内で発生する解体由来の木質原料を、有価で受け入れている。受け入れの条件として一番重要なのは、含水率である。実際には 15%以下を目安としている。解体材の優れている点として、この含水率が自然と低くなっている事がある。その他の受け入れの条件としては、接着剤が付着していない事、スギ皮が付着していない事、防腐処理が行われていない事が挙げられる。基本的には針葉樹を受け入れるが、広葉樹でも対応できる。大館近辺の中間処理業者にとって、能代のバイオマス発電に持って行くよりもコスト面で勝っている。

### ・ プラスチック原料

受け入れているプラスチック原料は、大部分が近くの N 社（医療用機器メーカー）の工場が発生する、PP(ポリプロピレン)を有価で受け取っている。N 社の工場では、人工透析に用いるラインから出る端材で、余っている状態である。PVC (ポリ塩化ビニル) も、受け入れる取り組みを始めたが、この場合はバージン材の受け入れで、木の含有率の条件が 15%となる。

## ■ まとめ

本メーカーは、製造加工副産物と解体段階の廃木材を再び「建材」として再生させる所に価値がある。ただし、その性質はプラスチックであり、木質資源の再資源化方法としては特殊例である。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年7月
対象団体名	M 畜産業者
所在地	秋田県北秋田市
業務内容	牛、馬の牧場、精肉業
キーワード	畜産、敷き料、堆肥、おがくず



(敷き料の輸送)



馬の厩舎)



(敷き料となるおがくず



製造された堆肥)

## ■ 調査結果

### ・ M 牧場に関して

北秋田市の、精肉店が所有する牧場である。ここは主に牛の畜舎であり、馬の牧場がまた別の場所にある。飼育している頭数は、牛が500頭、馬が100頭である。

### ・ 原料受け入れに関して

敷き料として、秋田スギのみからなるおが粉と、解体材由来の木質チップを購入している。おが粉は、能代周辺の製材所から専門の業者が回収を行い、M 牧場が購入している。一方、解体材由来の木質チップは、「ファインウッド」という名称で、秋田県認定リサイクル製品としての認定（認定番号170419）を受けている。この木質チップは、おがくずと比べて非常に安い価格である。原料としては、おが粉：木質チップ＝4：1の割合で使用している。

解体材由来の木質チップは、水分の吸収が悪く、おが粉の供給量が不十分である事と、値段が安いという理由で購入している。秋田スギ以外の混入のあるチップは受け入れないようにしている。秋田スギを使っている理由は、牛にとっても、それを食べる人間にとっても良いから。

### ・ 堆肥の製造に関して

使用済みの敷き料の50%は屋根のある小屋で8ヶ月程、酸素に触れさせる様拡販する作業を行いながら自然に醗酵させて、手作業で堆肥を製造している。販売先は、鷹巣の農協や、農家に販売している。

使用済み敷き料の残りの50%は、機械を利用して菌を混ぜ、人工的に堆肥の製造を行っている。こちらで要する時間は2時間半である。敷き料の購入に要する費用に対して、堆肥を販売して得られる利益は1/4～1/5程度である。能代は土壌が砂地であるため、堆肥の需要があるが、鷹巣周辺ではあまり需要が無く、販売によけいな運賃がかかる。

## ■ まとめ

本畜産業者では、製材加工段階からの発生副産物であるおがくずと、解体段階からの発生廃棄物である廃木材を家畜の敷き料原料として利用し、その後堆肥まで製造している点で、木質系建材のマテリアルフローと接点があった。製材加工段階からの発生副産物の処理先として畜産業は昔から存在しており、お互いに依存している関係である。木質系建材側としては、安くても有価で副産物を引き取ってくれる畜産業は重要な存在である。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2005年9月
対象団体名	N バイオマス発電所
所在地	秋田県能代市
業務内容	バイオマス発電
キーワード	バイオマス発電・樹皮・蒸気供給 サーマルリサイクル



(発電機/ベルトコンベアー)

## ■ 調査結果

### ・事業沿革について

平成10年のダイオキシン類新排出規制によって、能代周辺の製材工場が保有していた多数の焼却炉が使用できなくなったことを背景として、平成14年4月にプラント建設が開始され、平成15年2月に運転が開始された。出力3,000kWの電力と24t/hの蒸気(熱利用)を産出するコージェネレーション発電設備である。総事業費は約14.4億円(うち国1/2、県1/10、市;定額1億円、組合;残額)で、農林水産省林野庁の林業構造改善事業(資源循環利用推進型)を活用した事業である。運営を行う協同組合は木材関連団体3団体・チップ製造企業1社・ボード製造企業1社・木屑再生利用企業1社で構成されている。

### ・事業内容について

組合員及び周辺の製材工場等から排出される樹皮・製材端材等を粉砕・乾燥し、バイオマス発電および蒸気製造とボード生産を一貫して行っている。現在の処理費は組合員1500円/t、非組合員3000円/tとなっているが、今後発電所の経営が順調に行けば処理費は安くなる可能性もある。

発電した電力、蒸気は破砕・乾燥施設に送られるほか、隣接するAボード工場にも送られる。さらに余った電力は東北電力に販売し、逆に電力が足りない場合は東北電力から購入する。また、原料のチップが足りないときも、なるべく炉をとめないようにチップを購入してまかなう。チップに混入した砂がベルトコンベア等を削り、磨耗する問題がある。そのため砂の混入があまりにひどいチップは受け入れ拒否をすることもある。最終処分量は投入量の2~3%となっている。

プラントの流れは、燃料化施設→乾燥施設→燃料供給施設→燃焼施設→排ガス処理施設→発電施設となっている。



## ■ まとめ

N バイオマス発電所が設立されたきっかけは焼却炉の規制が厳しくなったことであるが、現在は主に産業廃棄物に指定され、どの製材工場でも処理に困っている樹皮の処分先として有効に利用されている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年10月
対象団体名	秋田県環境保全センター
所在地	秋田県大仙市
業務内容	管理型最終処分
キーワード	最終処分、解体材



(廃棄物の処理場への搬入／既存の処分場の様子)



(処分場内の廃木材／新設された最終処分場)

## ■ 調査結果

### ・ 設立の経緯

昭和 51 年 10 月に設立した。全国的にも公営最終処分場としては早い設立である。県内にはまだ大きな最終処分場が存在せず、中小零細の最終処分業者の業務を補完する目的があった。

### ・ 処理品目に関して

処理品目中で大きな割合を占めるのが、「ガラス及び陶磁器くず」であり、そのほとんどが、解体由来の石膏ボードである。それに次ぐ割合を占めるのが、「木くず」であり、これも解体由来がその大部分を占める。燃え殻は、中間処理における焼却由来の残渣である。民間の最終処分場では、処理品目をしばっていることが多いが、環境保全センターでは広く受け入れている。

### ・ 処理価格に関して

全ての価格決定の基本には、処分場の建設費・維持管理費の回収費用がある。それに加えて、品目毎の処理費用が加えられる。具体的には、比重の小さい「かさ」がある品目（発泡スチロール）や、固化し安定化するまで時間を要する品目（有機汚泥）は、価格設定が高くなっている。また、リサイクルや中間処理を促すために価格を高め設定している品目もある。それとは別に、産廃税として 1000 円/t が価格に上乗せされる。木くずの処理費用は、民間の平均が 2000 円～3000 円であり、環境保全センターでも価格設定をそろえている。

### ・ 木質系廃棄物に関して

建築物の解体由来の木くずが大部分を占め、新築現場の施工端材が残りを含んでいる。また、中間焼却処理業者等から持ち込まれる燃え殻にも、木質系由来の物が含まれていると考えられる。

以前は、製材所内の木くず焚きボイラでの焼却や、焼却炉で燃やしてしまう事がほとんどであったが、H9 年のダイオキシンに関する規制の強化（大気汚染防止法、廃棄物処理法）に伴い、中間処理焼却施設へ送られる事が増加している。製材所等の木屑焚きボイラに関しては、規制が曖昧な点に問題がある。純粋に焼却炉であるならば、大気汚染防止法の基準が適応されるが、木材の乾燥用など燃料として木屑を使用している認定（保健所に書類を提出）を受ければ、規制にかかる事は無いため、焼却炉としての基準を満たしていない木屑焚きボイラは数多く存在する。

## ■ まとめ

一番の発見は、樹皮がほとんど最終処分されていない事であった。ここから樹皮の処理に関しては、中間処理されてパーク堆肥となるか、バイオマス発電に行くか、中間焼却施設もしくは自社内のボイラ利用により焼却されている事が明らかになった。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2006年8月
対象団体名	Y 最終処分場
所在地	秋田県潟上市
業務内容	土木工事・解体工事・収集運搬・ 中間処理・最終処分
キーワード	産業廃棄物・解体材・木くず



(建設中の処分場/処分場内での選別)



(木質系廃棄物/チップ)

## ■ 調査結果

### ・ 事業内容

事業内容は、土木工事・舗装工事・山砂販売・解体工事・中間処理・収集運搬・最終処分となっている。解体工事は年間 300 件ほど受注している。木造・S 造・RC 造など構造は様々である。最終処分場のみで営業するのではなく、解体・収集運搬業も行うことで廃棄物を確保し事業を拡大してきた。焼却施設・安定型最終処分場設備・管理型最終処分場設備・移動式破碎処理施設などを保有している。

### ・ 受け入れている木質系廃棄物

解体発生材（解体工事も自社で行う）、収集してくる木屑、持込される木屑の割合がほぼ等しくなっている。収集先はほぼ秋田市で、まれに南は湯沢地区、北は大館地区まで収集することもある。運搬コストの問題が収集するかしないかには大きくかかわってくる。自然木はほとんど入ってこない。

### ・ 木質系廃棄物の再資源化方法

建設リサイクル法によって分別解体が行われるようになったため、解体材の品質も上がっているが、細かい木くずとコンクリートの混ざったような混合廃棄物は分別することができず、最終処分場に埋め立てられている。接着剤が付着したものや複合材、CCA処理されたものはすべて焼却処分される。集成材は解体材としてはまだあまり入ってきていない。焼却残渣は自社の管理型最終処分場へ埋め立てられる。木質系廃棄物のうち、リサイクルできると判断されたもののみ分別され、チップ化される。チップはN製紙工場やボード工場に販売。あまり量は多くないが、生木や抜根・バーク材は法面緑化吹付け材として利用されている。搬入される廃棄物の量や質に左右されるため、月によって処分量や処分先（取引先）はかなり異なっている。バイオマス発電所に処分を委託している月もあった。

## ■ まとめ

時代の変化にあわせ、業務内容を変化させ規模を拡大してきた業者である。最終処分場という、木材の資源循環の中では最下流に位置する業者であるが、搬入される大量の解体材の中から良質なものを選別し、チップ化して再び再利用する循環に戻す役割も果たしている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年2月
対象団体名	諸塚村企画課
所在地	宮崎県諸塚村
業務内容	森林保守管理・製材加工・しいたけ栽培・産直住宅受注
キーワード	森林組合、森林認証、産直住宅、



(諸塚村企画課しいたけ館 21/葉枯らし材)



(加工センターのツイン/チップは製紙業者へ)



## ■ 調査結果

### ・ 諸塚村の概要

諸塚村は、宮崎県北西部の旧高千穂郷に位置する、88の集落・730世帯・2400人の村民からなる村である。村では、議会とは別に「自治公民館制度」という自治組織制度を有しており、16の自治公民館組織が存在する。各戸平均20～30ha程度で約600戸が山を所有しており、林業で生計を立てている人は100人程度である。

### ・ 林相（モザイク林）

人工林率は86%であるが、土壌や地形等を考慮し、その土地に応じた樹種を選択して植林してきた（適地適木）。その結果、人工林の約7割がスギを始めとする針葉樹（主に山の北面）に、3割がクヌギやナラなどの広葉樹（主に山の南面）となっている。北面のスギは製材用に使用され、南面のクヌギを始めとする広葉樹は、しいたけの原木として使用されている。

### ・ FSC 森林認証

FM(Forest Management)認証を諸塚村として取得し、CoC(Chain-of-Custody：生産・加工・流通過程すべてのつながり)認証を、流通段階の各業者・団体が取得する形で成立している。取得によるメリットは、メディアによる評価などにより諸塚材に対する消費者の関心が高まることが上げられる。あくまで諸塚材を積極的に使用してもらうための手段であり、森林認証を取得したからといって、材の価格が高く取引されるというような事はない。

### ・ 産直住宅

諸塚村の産直住宅は、施主が使用する材の伐採現場から関わりを持ち施主・林業家・設計者・施工者が顔の見える形で繋がり建設される。使用する材は、基本的に人工乾燥はせず葉枯らし材を使用する。H18年度は30戸、延床面積で700～800㎡が建設され、1997年の開始から総計130戸が着工している。諸塚村の加工センターの約8%を産直住宅用の材が占めており、目標は10%である。この産直住宅の目的は「無駄なエネルギーを使わない節約型で、地球にも人にも優しい九州の家づくり」であり、諸塚材に消費者評価を結びつける手段の一環と位置づけている。

## ■ まとめ

ムラ組織の系譜である自治公民館制度を背景にして、村の林業を成立させる手段を考え、村全体が林業と共に存在している。森林認証取得も産直住宅のシステム作りも、諸塚材の付加価値増加を狙った取組であるが、価格を上昇させるためではなく、あくまで市場で材の出所の保障を評価してもらうための手段として実施している点が諸塚村の林業成立の要因である。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年2月
対象団体名	S設計事務所
所在地	宮崎県宮崎市
業務内容	建築設計
キーワード	諸塚材・地産地消・産直住宅



(産直住宅外観 / 内観)



(葉枯らし現場見学の様子)

## ■ 調査結果

### ・ 諸塚村との関わりについて

S設計事務所所長のS氏は、1989年より宮崎県南郷村の「百済の里づくり」に地域交流施設の設計担当者として携わっていた。その後、1998年に諸塚村の自然体験交流施設として古民家再生を手がけたことをきっかけに、諸塚村との関係が始まった。

当初の諸塚村の企画では、熊本県の設計事務所が設計したパターン住宅に基づいて、産直住宅設計を行っていく予定であったが、施主の好み・要望に細かく応えていくためにはパターン化では対応できなかった。よって、現在の諸塚産直住宅はS設計事務所担当分も含め、全て個別設計である。さらにS氏が施主を誘って一緒に諸塚村の木材産地ツアーに参加し、使用される材を施主の目で確認してもらうなど、家作りの過程の中で施主との意思疎通を綿密に図ることを重視して、設計活動を行っている。

現在は、諸塚村のほうから良材の情報が入ったり、7mもの長尺で切り出してくれたり、逆にS設計事務所の方からマツの注文を出したりと、「お互いの顔が見え、声を通る」関係にある。

### ・ 設計内容について

S設計事務所が年間手がける物件のうち、9割以上は諸塚産直住宅である。この中には住宅だけではなく、物産館なども含まれる。年間産直住宅が30棟竣工しており、そのうち5,6棟はS設計事務所によるものである。宮崎県木造建築物設計コンクールの受賞作も多い。施主は広い年齢層で構成され、環境意識が高い点は共通している。また、地域材を使用した家作りについて非常によく勉強している人が多いと感じている。

使用部位については、主要構造材は諸塚材のみ、厚板は諸塚材または高峰材、薄板についてはとくに指定はしていない。板材として木材を積極的に使用していきたいと考えている。また、集成材は使用しないポリシーをもっている。市場単価で諸塚材と他の材とはほとんど値段は変わらないものの、材の出所がはっきりとしているという「安心感」は非常に高い。

### ・ 工務店との関係について

工事見積もりは5,6社の工務店に出してもらっている。そのうち4社は産直住宅のみの付き合いである。提出された見積もりの中からあまりに安すぎない範囲で最も安価な会社と契約する。板材のみで1棟40万円も見積もりで差が出たこともあり、やはり数社に見積もりを出させて競争させることは必要である。1社のみと関係が続けていくとどうしても工事費が高くなってしまう。

## ■ まとめ

S設計事務所は、諸塚産直住宅の設計を通じて木材産地の諸塚村と消費者の橋渡しをしており、材の提供という面でも諸塚村と良好な関係にあるといえる。

資料編

---

その他

---

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年12月
対象団体名	林野庁木材産業課
所在地	東京都千代田区
業務内容	日本の森林保全・林業振興に関する施策
キーワード	国有林・森林・林業基本計画・補助制度

## ■ 調査結果

### ・森林・林業基本計画について

2001年7月、21世紀における森林及び林業に関する施策の基本的指針として「森林・林業基本法」が施行された。この森林・林業基本法を元に同年10月に政府が森林・林業基本計画を策定し、その後の森林及び林業を取り巻く社会情勢の変化に伴い、2006年9月に基本計画の見直しを行い、新たな基本計画を策定した。現在はこの第2期基本計画のもと、農林水産省・林野庁が中心となって森林及び林業に関する施策を総合的かつ計画的に推進している。基本計画では、「森林の有する多面的機能の発揮に関する目標」、「林産物の供給及び利用に関する目標」の2種類の数値目標を掲げている。

### ・間伐に対する補助制度について

林野庁では水土保持整備事業などの間伐補助を行っている。間伐に対する補助制度はこのほか地方自治体独自の財源によるものもある。林野庁の補助事業では11年生～45年生の森林を対象に、間伐作業の形態（切捨て間伐か、搬出間伐かなど）や、作業率などの条件によって、1haあたり4万円程度から30万円程度の補助金額が支給される。ただし、現在の原木価格の低下や、木材の複雑な流通構造による中間コストの増加により、間伐補助を受けても間伐に関わるコストの収支がほぼ0、あるいはマイナスとなってしまうことが多い。

### ・新生産システム事業について

林野庁では新生産システム推進対策事業を行っている。この事業は、全国11のモデル地域において人工林資源を利用しつつ施業・経営の集約化、施業コストの削減、原木供給の確保と山元還元の向上、低コストで安定的な大ロットの生産・流通・加工体制の構築を行い、主に大手ハウスメーカーなど大口の消費者への製品供給を安定的に行うことを推進する。この事業は2006年度からはじまり、事業のタイプによって、3、4、5年の期間がある。全ての事業が終了する2010年度までに事業全体で75万 $\text{m}^3$ の木材供給を創出する数値目標が設定されている。

## ■ まとめ

林野庁では「森林・林業基本計画」をもとに、国有林の保全と林業振興のために様々な施策をとっており、こうした施策は木材の資源循環促進のためにも有効に働いている。

## ■ 調査対象概要

調査日時	2007年12月
対象団体名	京都府地球温暖化防止活動推進センター (NPO法人 京都府温暖化防止府民会議)
所在地	京都府京都市
業務内容	府民による温暖化防止活動のサポート
キーワード	京都府産材認証制度・ウッドマイレージ

## ■ 調査結果

### ・京都府地球温暖化防止活動推進センターについて

京都府地球温暖化防止活動推進センターは、2003年10月に京都府温暖化防止府民会議が京都府知事によってセンターとして指定されたことにより設立した。こうしたセンターは、各都道府県に設置されており、情報発信やシンポジウム等の開催、調査・研究の実施、教材等の貸し出しなど地球温暖化防止活動をサポートする役割を果たしている。

### ・京都府産材認証制度について

京都府林務課及び京都府地球温暖化防止活動推進センターが中心となって「京都府産材認証制度」、およびそれに連動した「環境にやさしい京都の木の家づくり支援事業」が行われている。京都府産材認証制度では、京都府によって認証された取り扱い事業者（素材生産業者・原木市場・製材加工業者、流通販売業者）によって、伐採・製材加工・輸送された木材をセンターが京都府産材として認証し、認証書を発行している。各取り扱い事業者間では、取引の際に木材量・輸送距離などを記載した伝票のやり取りが行われ、トレーサビリティが確保される。伝票はセンターで取りまとめられ、ウッドマイレージCO<sub>2</sub>が計算される。認証材を使用した住宅の施主はセンターに認証書を発行してもらうことができる。

また、環境にやさしい京都の木の家づくり支援事業では、京都府が認証する緑の工務店・緑の設計事務所が設計・施工を行う京都府内に施工される住宅で、京都府認証材を5 m<sup>3</sup>以上使用したものに対して1 m<sup>3</sup>あたり1万円、最高20万円までの補助金が支給される。現在、スギの中目柱が1 m<sup>3</sup>5万円ほどであるから、この補助金額は最高で木材価格のうち20%ほどの補助率となる。またこのほかに京都地銀など5行の銀行で特別住宅ローンなどの優遇制度を受けることができる。このような地域材認証制度は京都府に限らず、多くの都道府県において取り組まれており、林野庁業務資料によれば2006年度現在、38都道府県、44制度、12万4千m<sup>3</sup>の認証材が流通している。秋田県においても、乾燥秋田スギ認証製品制度、秋田県産優良木材の2制度が運用されている。

## ■ まとめ

京都府温暖化防止活動推進センターでは、府民活動のサポートの一環として、京都府産材認証機関という役割を担い、京都府産材認証制度の中心的機関となっている。この認証制度は、トレーサビリティの確保、京都府産材の活用促進に有効である。

## 謝辞

6年間の長い学生生活を締めくくる修士論文をこうしてまとめることができたのは、未熟な私を常に的確な指導で導いてくださった先生方、ともに刺激しあい励ましあった友人達、いつも温かく見守ってくれた家族、その他お世話になった方々皆様のおかげです。本当にありがとうございました。

学部時代から3年間もの間御指導いただきました清家剛准教授には、ミーティングや打ち合わせのたびに的確な助言をいただきました。清家研究室に配属になった当初、研究というものが何かまったく分かっていなかった私が、「建築資材の環境性能」という1つのテーマについて深く考え、論文をまとめることができたのは先生のおかげです。本当にありがとうございました。

本論文の副指導教官を引き受けてくださった佐藤弘泰准教授には、論文の相談に乗っていただくたびに新しい視点を与えていただきました。お忙しい中じっくりと相談に乗っていただき、本当にありがとうございました。

また、工学系研究科構法系研究室の松村秀一教授、藤田香織准教授、退官された坂本功教授（現慶応大学教授）には、毎週構法系研究会議において御指導いただきました。清家研究室が柏キャンパスに移ってからは、なかなか研究会議に参加することができずご迷惑をおかけいたしました。いつも温かく迎えていただき御指導いただきましたこと、とても感謝しております。ありがとうございました。

清家研究室の秋田典子研究員には、日々の研究活動から就職に関する相談まで本当にお世話になりました。フィンランドのサウナの思い出は決して忘れません。

本論文を執筆するきっかけとなった秋田県における木材関連調査に関しては、秋田県立大学飯島泰男教授、川鍋亜衣子准教授、板垣直行准教授、秋田県立大学木材高度加工研究所の皆様にとってもお世話になりました。東京では決して知りえなかった木材産地の現状、業者さんの声を知ることができたこと、この体験は私の学生生活において本当にかげがえのないものとなりました。ありがとうございました。また、北海道林産試験場の古俣寛隆氏には、木材の環境性能評価に関する的確な助言をいただきました。ありがとうございました。

東京大学、秋田県立大学、北海道林産試験場が協働した研究プロジェクトに参加させていただき、様々な方にお会いしお話を伺うこと、御指導いただくことができたことは、とても貴重な体験でした。この体験を今後の人生にぜひ活かして生きたいと思います。

ここに全ての方の名前を挙げることはできませんが、調査に御協力いただいた秋田県・北海道・宮崎県の木材関連業者の方々、住宅メーカーの担当者の方々、皆様に深く感謝いたします。

そして、研究室の先輩方、同期のメンバー、後輩、皆さん本当にお世話になりました。私も含めみんなで作る清家研究室のアットホームな雰囲気が好きでした。

最後に、いつも外のことばかりに注意を向けていた私を、ときに厳しくときにやさしく見守ってくれた私の家族に、深く深く感謝いたします。

2008/03/03 伊吹美佳