

国産材活用のための木造軸組住宅（四号建築物）の設計手法とコスト評価に関する研究

助成研究期間：2022 年 10 月 1 日～2024 年 9 月 30 日

蟹澤宏剛¹・村上淳史²

¹ 芝浦工業大学・建築学部 教授

² 芝浦工業大学・建築学部 非常勤講師

木造軸組住宅の横架材の多くは輸入材に依存しており、「ウッドショック」の際には価格高騰や供給不足に見舞われた。木材自給率の向上は焦眉の急を要する課題であるが、国産材の適正な活用には検討すべき課題が多い。本研究は技術的課題が多い四号建築物に着目し、外材や集成材に比して材料強度が劣る国産スギ製材を活用可能な架構を考慮した設計手法を提示し、架構の合理化によるコストの優位性や付加価値向上による林産地や製材関連業の持続可能性について提示することを目的とする。

1. 国産材化に向けた架構設計手法の検証

まず第 1 章で、技術的課題が多い四号建築物に国産スギ製材を活用可能な設計手法を示すとともに、コストスタディを通じて国産製材の活用可能性を検討した。

(1) 木造軸組住宅の現状

a) 四号建築物の現状

現在の木造軸組住宅の多くは四号建築物に該当し、建築士が設計を行った場合には建築確認において構造関係規定の審査省略が可能となる。確認申請承認後の場合、基本計画の再検討を行うことができないが、プレカットを用いた木造軸組住宅では意匠図に合わせてプレカット工場が架構設計（柱・梁・耐力壁の配置等）を行うため、プランに合わせて架構設計を行わざるを得ないことが多い。プランに合わせた架構設計は無理のある梁組へと繋がり、2 階床梁の負担の増加や床のたわみが発生する原因となる。実態は後に詳述するが、住宅分野で国産材活用が進んでいない要因の一つとも考えられる。

令和 7 年 4 月から施行される改正建築基準法では、従来の四号建築物は廃止され、今まで確認申請時に提出が省略されてきた構造関係規定の図書提出が必須となる物件が増加する。また、住宅の省エネ化に伴い必要壁量の見直しも行われるため、構造安全性を考慮した架構設計の見直しや、間取りと構造を一体に考える設計手法が必要とされている。

b) 木造軸組住宅における国産材の実態

新型コロナウイルスの影響により発生した輸入材の品薄、価格高騰は「第三次ウッドショック」として大きな問題となり、輸入材に依存している現状が明らかとなった。図1は住宅産業協会の調査（令和2年度の大手ハウスメーカーを対象）を基に林野庁が作成した資料^{*1}を参考にしたものである。近年柱材や土台、羽柄材などは国産材の使用割合は増えているが、横架材の国産材割合は集成材を含めても約10%と非常に低い。横架材の割合が他部材に比べ低い理由として一般的に国産材（特にスギ）は輸入材と比べ材料の変形のしにくさを表すヤング係数が劣ることや寸法の制約が大きいたことが挙げられる。そのため、輸入材に依存している現状の設計のまま木材を単純に置き換えることは難しく、合理的な設計手法が必要になる。国内林業の現状を考え、製材の価値を上げるためにも住宅における国産材割合の向上は重要な課題であるといえる。

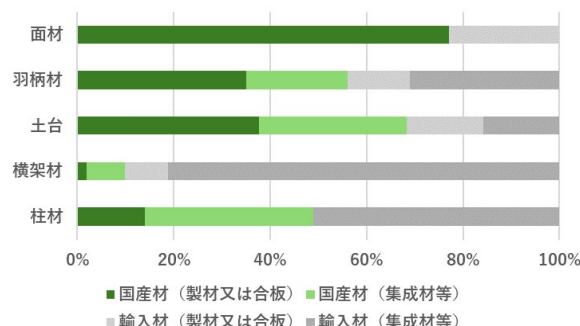


図 1 部材別国産材割合

(2) 研究概要

a) 研究目的・対象

本研究では四号建築物に着目し、国産横架材（スギ製材）を活用可能な合理的な設計手法の提案、検証を行うことを目的とする。

調査対象は建材会社等から入手した図面のうち、平面図、立面図、断面図、樹種の記載があったプレカット図がある約80件を対象とした（2階建て木造軸組住宅に限る）。

b) 研究方法

構造調査は株式会社インテグラル社の構造計算ソフト「ホームズ君構造EX」を用いて許容応力度計算を行った。材積調査には同社の建築見積ソフト「ホームズ君あつと簡単見積」を用いた。

調査にあたり、以下の4つの仕様を作成し、それぞれを比較することにより国産材設計手法の検証を行った。

- A. 輸入材仕様（原設計）
- B. 輸入材仕様（梁成のみ変更）
- C. 国産材仕様（設計変更なし、国産材に置換）
- D. 国産材仕様（設計変更あり、国産材に置換）

B-Dの仕様では条件を合わせるために梁成は全て自動算定（荷重に対して適切な梁成をソフトにより算出）とした。

c) 樹種について

A, Bの仕様では図面情報を基に樹種を設定した。主な樹種は米松製材E110やE90、オウシュウアカマツ集成材であり、輸入材が多く使用されているため、本研究では輸入材仕様と呼ぶ。詳しい樹種ごとの強度等級は表1に示す。輸入材仕様では製材で梁成390mm、集成材では450mmを上限とした。

C, Dの仕様では一般的に入手しやすい材長や梁成を基に国産材置換を行った。製材では材長4m、幅105mm、梁成240mm、集成材では梁成450mmを上限とした。樹種はスギ無等級、スギJAS機械等級区分E70（以下スギE70）、スギ対称異等級構成集成材E65-F225（以下、スギ集成材）、カラマツ対象異等級構成集成材E95-F270（以下、カラマツ集成材）の4種とし、部材に応じて強度の強いものへと変更を行った。「国産材化」の手順を以下に示す。

1. 全ての横架材をスギ無等級へ変更し、自動梁成算定を行う。
2. 自動梁成算定結果が240mmを超えるものはスギE70へ変更し、自動梁成算定を行う。
3. 自動梁成算定結果が240mmを超える、若しくは材長が4mを超えるものをスギ集成材へ変更し、自動梁成算定を行う。
4. 自動梁成算定結果が450mmを超えるものはカラマツ集成材へと変更し、自動梁成算定を行う。
5. カラマツ集成材へ変更後450mmを超えるものはNG梁として記録する。

d) 設計変更について

Dの仕様では国産材を活用するための設計変更を適用した。主な作業としては柱の再配置、開口部の変更やそれに伴う伏図の変更である。設計変更は既往研究^{*2)}による架構ブロック、伏図のルールに基づき行った。架構ブロックとは四隅に荷重を負担する柱を配置し、その上下を横架材で繋いだ構造単位であり、図2が架構ブロックを上下に重ねる時のルールである。2階のブロック柱が必ず1階柱と一致するように配置し、設計変更を行った。本研究で対象としているのは既存の実物件であるため、原則大きな間取りの変更を行わずにブロックの形成が可能な49件を対象に設計の検討を行った。以下が柱の種類であり、後述する柱配置のルールに基づくことで荷重を負担する柱（①~③）は1, 2階で一致するため、2階床梁の負担を減少させることが期待できる。

- ① 構造ブロック柱：構造ブロックの四隅に配置し、構造ブロックを構成する最も重要な柱。
- ② 水平荷重を負担する柱：耐力壁を構成する柱。1, 2階で位置を一致させる。
- ③ 鉛直荷重を負担する柱：①、②以外で鉛直荷重を負担する柱。
- ④ 非構造柱：下階（1階）に柱がない上階（2階）の柱は全て非構造柱とした。

表 1 樹種ごとの強度等級

樹種・材種	強度等級
輸入材	
ベイマツ製材	JAS機械等級区分E90
	JAS機械等級区分E110
ベイマツ集成材	対象異等級構成集成材E105-F300
RW（オウシュウアカマツ）集成材	対象異等級構成集成材E105-F300
WW（スプルース）集成材	同一等級構成集成材E105-F300
ベイヒバ	無等級
ベイツガ	無等級
米松・杉集成材	対象異等級構成集成材E120-F330
	対象異等級構成集成材E105-F300
国産材	
スギ製材	無等級
	JAS機械等級区分E70
スギ集成材	対象異等級構成集成材E65-F225
カラマツ集成材	対象異等級構成集成材E95-F270

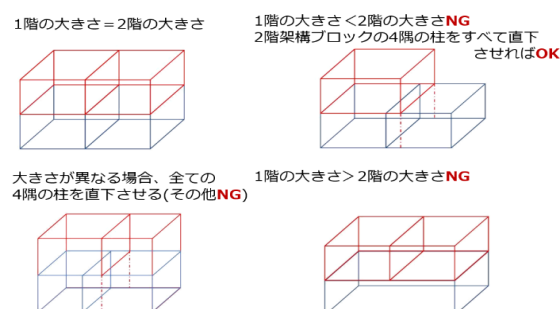


図 2 架構ブロックの重ね方

(3) 研究結果

a) 国産材置換結果と横架材の安全性比較

図3はA. 輸入材仕様では元の梁成に対する曲げ、たわみに関するエラーの該当数、B~D の仕様では規定寸法を超過した NG 梁発生物件数をまとめたものである。A. 輸入材仕様では76 物件中71 物件でエラーが発生しており、適切な架構計画が行われていない現状が伺える。B. 輸入材仕様では自動梁成算定を行い、梁成の適正化を行った際に規定寸法（製材:390mm、集成材:450mm）を超過している物件が76 物件中13 件存在していた。これらに関しては元々の梁組自体に問題があり、床梁に大きな荷重がかかるため、必要梁成が非常に大きく算出されたことが推測できる。

C. 国産材仕様でも設計は変更せず、樹種のみを置き換えているため、76 物件中14 件が規定寸法を超える梁である NG 梁が発生し、B. 輸入材仕様とほぼ同様の結果となった。NG 梁が発生した箇所は全て2 階床梁であった。一方でD. 国産材仕様では49 物件中 NG 物件は0 物件となった。これは柱の再配置により、小屋からの荷重が合理化され、2 階床梁への負担が減少したことが要因といえる。適切な架構設計がされれば、一定数の物件において国産材への置き換えが可能であると考えられる。

b) 材積比較

図4は各仕様のひと物件あたりの構造部材の平均材積である。材積が最も大きい結果となったのはA. 輸入材仕様であり、ひと物件平均が12.0 m³、一方で最も小さい結果となったのがD. 国産材仕様で10.6 m³となった。同条件で樹種のみが異なるB. 輸入材仕様とC. 国産材仕様を比較するとB. 輸入材仕様の方が材積が小さいため、同条件であればより強度の高いとされる輸入材の方が材積は小さくなるのが分かる。

D. 国産材仕様で材積が減少したのは主に2 階床梁であった。今回設計変更により2 階床梁の負担が減少したため、国産材に置き換えた場合であっても材積が他の仕様よりも小さい結果となったと考えられる。適切な架構設計を行うことで国産横架材（特にスギ）を活用した場合であっても、現状の設計と比較すると減少することがいえる。

c) 樹種の割合

図5は各仕様における樹種割合である。今回の対象物件においてA, B. 輸入材仕様（元の樹種の仕様）で国産材の割合3 割程度という結果になった。一方でC. 国産材仕様では設計変更を行わない場合であっても7 割程度をスギ無等級材で置換することが可能であり、D. 国産材仕様では設計変更により、更に割合は増加し、8 割近い値となった。

また、図6は2 階床・小屋の横架材を抽出したグラフであるが、A, B. 輸入材では国産材の割合は1 割にも満たず、背景で挙げた部材別自給率とほ

ぼ同様の結果となった。図5で全体の割合からみると3 割程度あった国産材は主に柱や土台で使用されており、床梁等の横架材では現状ほとんど使用されていないことが確認できる。

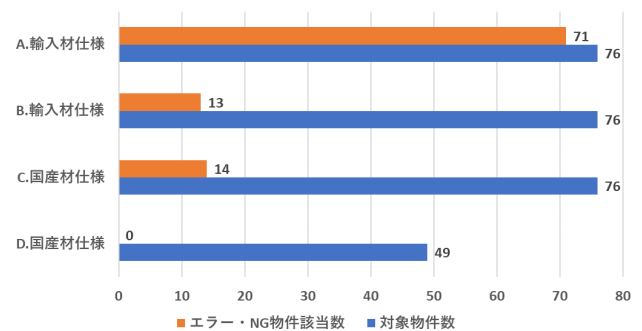


図3 梁のエラー・NG 物件該当数

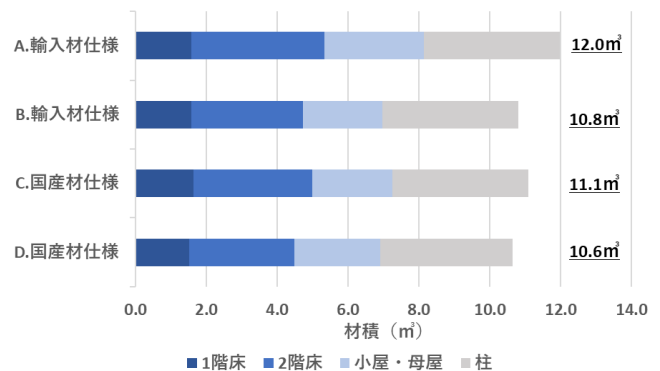


図4 物件ごとの平均材積 (N=49)

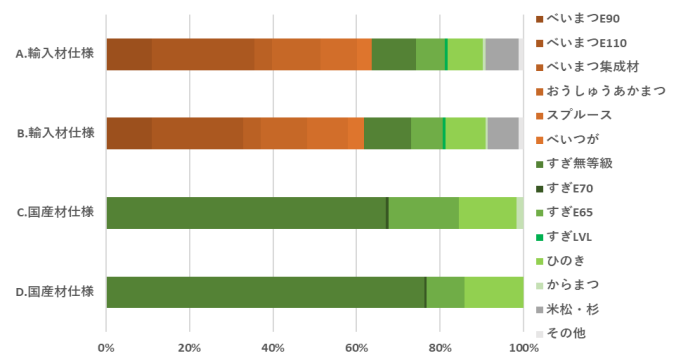


図5 樹種割合 (A~C: 76 件、D: 49 件)

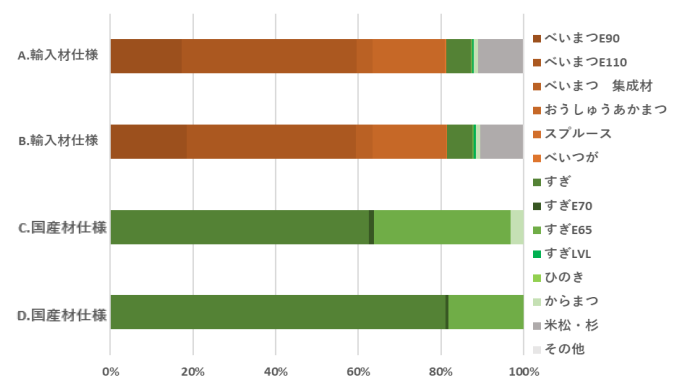


図6 横架材の樹種割合 (A~C: 76 件、D: 49 件)

d) 国産材活用が期待される効果

近年、木造建築に注目が集まっているが、その理由の一つとして木材の炭素貯蔵効果が挙げられる。林野庁の炭素貯蔵量計算シート^{*3)}を用いてD. 国産材仕様を基に計算を行うと、ひと物件あたりの炭素貯蔵量は 6.6t-CO₂ となる。しかし、この計算はあくまで炭素貯蔵に着目しており、輸送時に発生する CO₂ については考慮されていない。そのため今回はウッドマイルズフォーラムの資料^{*4)}を参考に輸送時に発生する CO₂ 排出量の計算を行った。各仕様において樹種は図 5 の割合を基にそれぞれの発生 CO₂ を計算した。図 7 がその結果である。今回の対象物件で実施したところ輸入材仕様は国産材仕様に対しておよそ 5 倍近い値となった。カーボンニュートラル実現を考えると現状の住宅分野における輸入材を国産材へと置き換えていく必要があるといえる。また、集成材は製材よりも製品としての製造時に発生する CO₂ が多いことを考えると国産製材の優位性が更に大きくなる可能性がある。

e) 設計時のモデルプラン

本研究では基本的に既存物件を対象に柱の再配置、開口部の変更など、意匠上大きな変更とならないような軽微な変更で設計変更を行っている。ここでは新築設計時に重要な柱配置について示す。図 8 が柱を配置する前の段階のモデルプランであり、以下の順に柱の配置を行う。

1. 構造ブロックの四隅に構造ブロック柱を配置する。1, 2 階でブロックが一致しない場合は直下するように 1 階柱を追加する (図 9)。
2. 1 階の開口部除くグリットの交点に鉛直荷重、水平荷重を負担する柱を追加する (図 10 左)。
3. 2 階には 2. で配置した柱の真上で開口部以外の箇所に柱を追加する (図 10 右)。
4. 壁量計算を行い、必要壁量以上になるように耐力壁を配置する (図 11)。
5. 1 階はグリットから外れる柱には非構造柱として配置する。2 階は直下に柱がない場合は非構造柱として配置する (図 12)。

本ルールにより設計を行うことで、荷重を負担する柱は全て直下することとなり、梁上耐力壁は 0 となる。必要な箇所に柱が置けない場合や壁量不足となる場合は間取りの再検討を行う。

(4) 考察

本研究では適切な架構設計を行うことで、国産材を活用できることを横架材の構造安全性と材積評価から示した。設計変更を行った D. 国産材仕様の横架材は 8 割程度スギ無等級に置き換え可能であったことから、国産スギ製材は十分に活用可能であると考えられる。大径木化が進む国内林業の現状を考慮しても川下側である住宅側の国産材利用拡

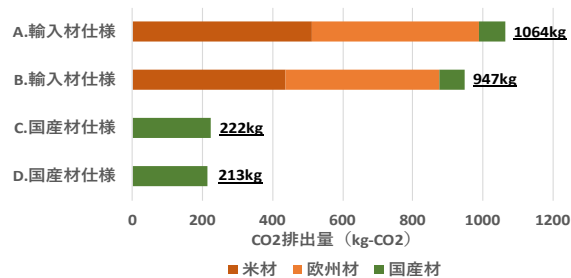


図 7 仕様ごとの CO₂ 排出量 (N=49)

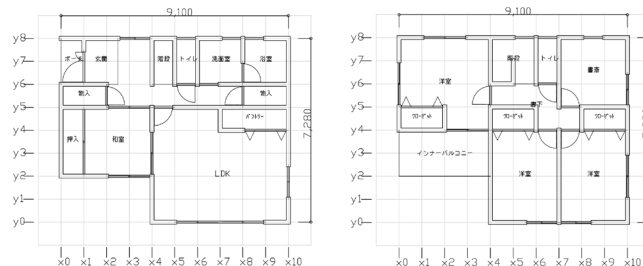


図 8 外形の決定

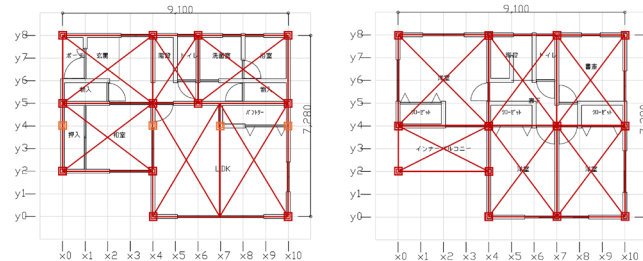


図 9 構造ブロックの決定

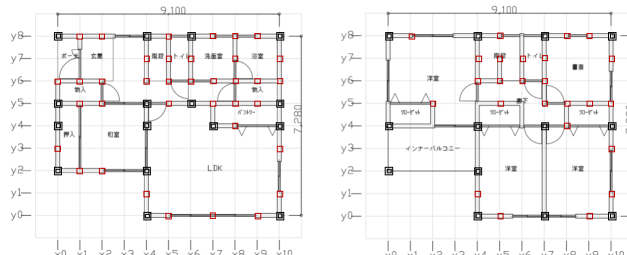


図 10 鉛直・水平荷重を負担する柱の配置

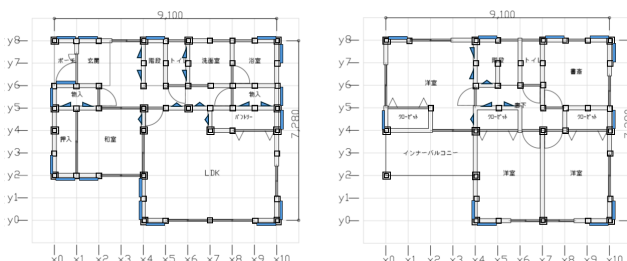


図 11 耐力壁の配置

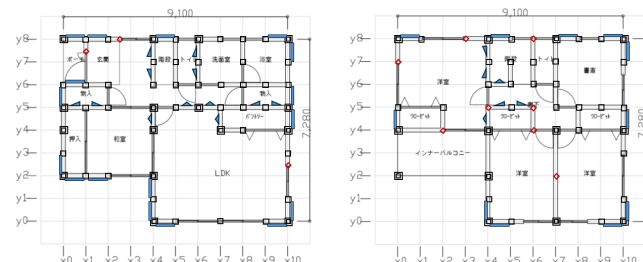


図 12 非構造柱の配置

大は意義がある。ただし、そのためには設計者の理解が必要になる。

2. 革新的取組事例による水平展開可能方策

本章では、革新的取組事例を発掘・調査し、水平展開可能な国産材活用方策や林産地の経済活性化方策を考察する。

(1) 研究背景

a) 森林蓄積量

日本は国土の7割を森林が占める世界有数の森林大国で、林野庁の資料^{*1)}によると森林蓄積量は現在55億 m^3 と年々増加している(図13)。現在ではそのうち人工林が6割ほどを占め、終戦直後や高度経済成長期に造林されたものが50年生を超える伐採適齢期を迎えている。

b) 林業従事者

労働環境の悪さから年々林業従事者は減少しており、高齢化も著しく若年層の担い手確保が求められる。林業における労働災害の発生率は、近年減少傾向にあるが、他産業と比較すると大きく上回っているのが現状だ。ゆえに労働災害防止対策を推進し、さらなる改善が課題となってくる。

c) 木材供給率と木材自給率

林野庁の資料^{*1)}によると、1964年制定の「木材輸入完全自由化」を境に木材自給率は急減し、近年は木材促進における新たな法律によって若干の増加傾向がみられるものの、未だ40%未満と低迷している。また、実質的な国産材の供給量としては増加傾向にあるが、近年は燃料材の需要拡大により多くを賄っていることから、国産材活用への課題は残る(図14)。

(2) 研究概要

a) 研究目的

近年、パリ協定や「公共建築物等木材促進法」等による影響で建物の木造化・木質化が注目され、木材需要は高まっている。こうしたなか、木材自給率の向上が期待されるが、一部の良材は活用されておらず正当評価されていないことや担い手不足、川上側と川下側の連携がとれていないなど検討すべき課題も多い。以上を踏まえ、本研究では木材自給率の向上にあたって検討すべき課題の実態把握を行う。その上で、国産材活用に向けた地域・企業の取り組み事例を調査し、水平展開可能な方策を考察することを目的とする。

b) 研究方法

研究は文献調査及びヒアリング調査による。文献調査は、書籍や論文、林野庁「森林・林業白書」をはじめとする資料を用いた。ヒアリング調査は、木材流通に関わる全国各地の森林組合、製材工場、工務店、木材市場等、計30カ所を対象に調査を

行った(表2)。調査の際には、事前に作成したヒアリングシートを基に質問を行った。

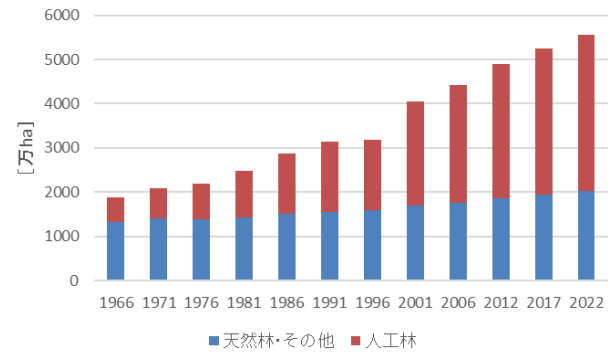


図13 森林蓄積量

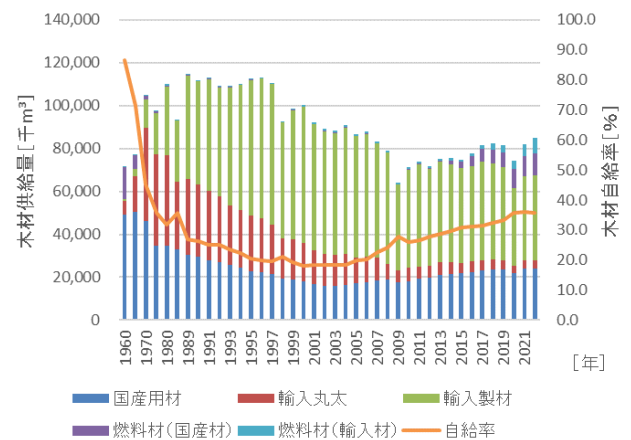


図14 木材供給率と木材自給率

表2 ヒアリング調査対象

岡山県	N社	和歌山県	Y社
	K社	愛媛県	松山市役所
愛知県	T木材市場		愛媛県庁
	T社		E木材協会
長野県	S社	佐賀県	S社
千葉県	M木材市場		T社
	R社	鹿児島県	I木材市場
	T木材市場		Y社
	K森林組合		B社
	N社		S社
	M社		O社
	S社	福島県	D社
静岡県	I社	山形県	Y社
	F社		K森林組合
	S森林組合		K社

(3) 木材産業の現状

a) 木質バイオマスと燃料材

近年、再生可能エネルギーの一つとして注目される木質バイオマス事業は、エネルギー自給率の向上や地域経済の波及効果など、多様な価値を有している。他方で、バイオマス発電の急速な進展を受け、燃料材の需要が急増したことで、供給が追いついていない実態が明らかとなった。本来、構造材をはじめとする、資材として扱うことが可能な木材までが一部では燃料に供給されている。これは木材の価値低下を促す一方で、木材製品として販売するよりも燃料材として販売する方が、利益が大きくなる実態に起因しているともいえる。

木質バイオマスエネルギー事業として確立するには、より強化な資源の供給体制を整えることに加え、既存需要者との兼ね合いを考慮しながら進めていくことが求められる。

b) 木材流通経路

従来の日本の木材流通経路は、あらゆる経緯で細分化されている（図15）。これは互いに売買の対立関係にあり連携がとりにくいほか、川上から川下までの経路が複雑であることから、運送費や人件費等の諸経費がかかり、国産材価格が相対的に高くなる要因になっている。そこで近年は、素材生産業者等と木材加工業者との間で原木市売市場等を経由しない、土場から直送される仕組みが拡大されつつある。

しかし流通経路を細分化することは、各経路で状況に応じた製品の選択肢が与えられるため、臨機応変な対応ができるという面では有利な仕組みだ。状況に適した流通経路を選択することが重要である。

c) 川上と川下の連携

林業と木材関連産業は、川上・川中・川下の大きく3つに分類が可能である。川上は森林所有者や素材生産者などの原料供給者、川中は木材流通業者や加工業者などの製品製作者、川下は建設会社や工務店などのエンドユーザーにあたる。伐採適齢期による国産材供給力強化に対し、新たな森林管理システムの構築が必要となる中、木材の供給側である川上側と需要側である川下側との連携を図り、需要と供給のバランスをとることが不可欠である。しかし現状として川上側は、良材を育てても見合った価値で正当評価されず、需要も減っていることから生産意欲を失う業者も少なくないとされる。一方川下側は、積極的に木材活用を行おうとするものの、設計者の木材に対する知識不足や価格、輸入集成材、CLTに比して構造等における不確定要素が大きいと考えられ、上手く活用できていない実態がある。こうした両者の連携不足は、結果的に木材活用の衰退に繋がるため、解決すべき課題である。

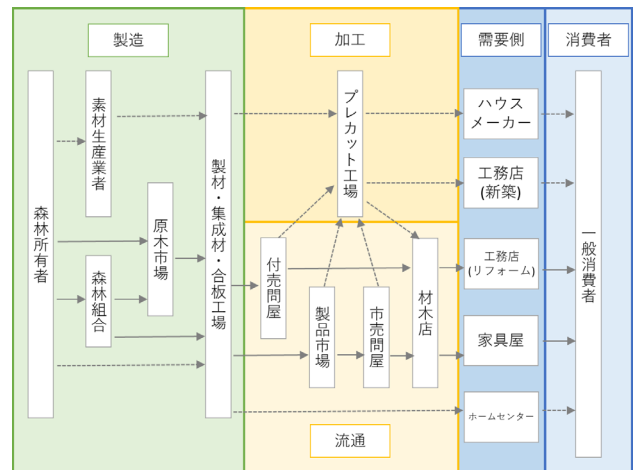


図15 従来の国産材一般流通経路

(4) ヒアリング調査

本節では、前節で述べた木材業界の現状を踏まえ、調査した木材流通関連業者のうち、水平展開の可能性がある3つの事例を紹介していく。

a) 岡山県西栗倉村

まず、「地域一体型事業」として、岡山県西栗倉村の事例を紹介する。岡山県西栗倉村は、面積の約95%が森林であり、そのうち約84%が人工林という環境から、約50年もの間森林を、世代を超えて守られてきた背景がある。かつては隣村との合併案が出たもののそれを断り、合併せずとも村として残っていけるような方策として、「百年の森林事業」を行うこととなった。

「百年の森林事業」とは、2008年始動の、村全体の取り組みであり、2058年を目標年として持続可能な村を目指すことを目的とする。役場が森林所有者から森林を預かり、効率的に森林の間伐・作業道整備を行うことで、光の差し込む上質な森づくりを目指すという内容である。現在は劣勢木間伐をメインとする木材流通を行っている。劣勢木とは、本来ならば山に放置や燃やされる木であるが、これらの活用により、木に対する付加価値を高め、山元に還元する取り組みといえる。

「百年の森林事業」以降、かつては無かった西栗倉村内での流通が生まれた。これにより、原木を外部の市場に出す際にかかっていた手数料や運搬費用、手間等が省略され、西栗倉の木をより身近で活用しやすい地産地消の流れが構築された。他にも、村内での流通が構築されたことによる労働市場の拡大も期待でき、林業を中心とする循環モデルが目指されている。

ヒアリング対象N社では、丸太一本からメインとする内装材、外部に提供する合板や、端材を燃料やマーケット、イチゴの培土など、アイデアを引き出しながらカスケード利用を行うことによって、丸太一本への付加価値を高めようとしていた。

しかし、すべてを活用していくのは現実的に厳しく、利益を求めない丸太の価値に特化した事業と、利益を求めて会社を経営していく核となる事業とを、うまく両立させることが林業を現実的に成り立たせるうえでは必要となっている。

ヒアリング対象K社では、西栗倉の木のうち劣勢木間伐材のみを活用していくことを理念とし、本来であれば価値のない木に付加価値を与えて山元に還元することが目指されていた。また、林業に直接的に関わる補助金は一切得ておらず、特に費用と手間のかさむ伐採作業に補助金を用いていないことは注目すべき点である。これは小規模であるからこそ行える事業でもあるが、丸太に付加価値を与えるという取り組みと、補助金無しでは経営が難しいとされる林業界で、それに頼らずに事業を成立させる可能性が示された具体例であり、ノウハウが整理されれば水平展開の可能性もある。同時にK社は、自社製品をエンドユーザー、特に村内の子供たちをターゲットに、幼いころから木に触れ良さを学び、将来的に林業に興味を持ってもらうことで林業の担い手確保を目指す。こうした経営は、事業を通じて社会的価値を創造することで、経済的価値の向上を目指したCSV経営の事例でもある。

b) 株式会社Y社

「一社完結型事業」として、和歌山県における地域産材を活用したY社の調査を行った。Y社は山から山土場、製材所、プレカット工場と、木材流通に関わる全段階で事業を行っている。山では伐採の他、育林事業を行い、環境を整え持続可能な山を実現させていた。山で所持する木々は、台帳によってデータ化されており、綿密に管理を行うことで、結果的に良質な木材として出荷される。また、山では良質材以外も出荷されるが、良質材とセットでの販売を行うことで、無駄のない材料の活用を実現している。製材所では、大径木の製材も可能とする機械を所有し、サイズを問わず広範囲に対応した設備を整えるほか、JAS 認定工場として多くの JAS 材を製材していた。

川上から川下までの一貫生産を行うことに加え、木材流通の各過程で優れた技術とこだわりを迫及することで、安定した優良材の生産・流通を実現させていることがY社の強みである。一方で、山からプレカット工場を所有するY社のような会社では、山から出材されてくる材と加工業者側が求める材が見合わないことも多い。一社完結型を行う際には、以上のデメリットを考慮し、補った上で展開していく必要がある。

c) 株式会社I社

前項同様、「一社完結型事業」として、岐阜県高山市を拠点に事業を展開とするI社の事例を紹介する。I社は、設計施工をはじめ、グループ会

社として林業部、製材部を持つことで、建築におけるすべてのフェーズに携わっている。つまり、自社の着工計画に基づき使用量を供給することが出来るため、無駄なく効率的な一貫流通体制が構築されている。

加えて、森林資源豊富な飛騨地域にもかかわらず、建築材や家具材には外材が多く使われている実態がある。そこでI社では、自社建築材を飛騨産木材の使用100%を目標とし、飛騨高山のくらしと文化を支えてきたとされる飛騨五木をメインとする建築を一貫体制で供給している。

東日本大震災以降、自然エネルギー拡大の必要性から、各地で木質バイオマス発電が建設ラッシュになった。一方、需要に対する供給が追いつかず、本来建材として扱うことが可能な木材まで燃料になっているのが実態である。そこでI社では、従来産業廃棄物扱いされていた製材端材をバイオマス燃料として活用してカスケード利用を行うことで、飛騨産木材を余すことなく活用している。燃料は、市内にある温泉施設に木質バイオマスボイラーを導入し、そこへ供給することで製材としての収入の他に燃料代が加算され、原木一本の価値向上へとつなげている。ゆえに、森林資源と自然エネルギーを地域内で循環させ、地域として自立した事業の仕組みを確立させている。

(5) 考察

以上より、川上から川下の一貫体制をとることで流通段階における諸経費を削減するほか、カスケード利用によって木材の付加価値を高める方策や、事業の必要材料分を把握し、その分を賄う主体的な供給体制を整えることが有力な方策である。プラスになった部分が川上に還元されれば、立木価格の向上に繋がる可能性もある。ただし、現状では限られた地域内で行う一社完結型の事業モデルとして成立している。

また、各地域での取組は国産材活用の促進へと導く先行事例であると同時に、地域一体の体制はメインとする林業に限らず、地域全体の経済活性化につながる可能性がある。高齢化や人口減少の問題を抱える山村地域における、いわゆる CSV 経営的な取り組みは、こうした大きな問題を解決する方策になりえる。

ただし、一貫型事業には、一定程度以上の資本やマネジメント力が必要であり、CSV 経営には牽引力のあるキーパーソンが必要である。こうしたノウハウを水平展開するには、人材育成や事業化をサポートする仕組みが必要になる。

そのためにも、こうしたベストプラクティスを研究し情報を蓄積、分析する取り組みの継続が必要である。

3. 木材流通の各段階における「適正価格」への検討

本章では、国産材流通価格の実態把握を行い、木材流通の各段階での適正価格の検討を行う。

(1) 研究背景

a) 木材価格

木材価格は需給バランスに大きく左右される。2021年に発生したウッドショックでは、日本が約6割の木材を輸入に依存していたため、木材需要が高まった。この状況を背景に国産材の需要が急増し、買い付けの動きも活発化し、国産材の価格は大きく変動した。しかし、国内の林業においては、供給体制が十分に整っておらず、ウッドショック期においても原木の出材量に大きな変化が見られなかった。その他にも、内装に使用される上質な木材である役物については、各地から出材されているにもかかわらず、高値が理由で一般住宅には使用されにくい現状がある。また、住宅建築においては、大壁工法の住宅が増加しており、良質な役物材と並材の区別が曖昧になりつつある。その結果、役物の価値が低下し、森林所有者や林業関係者の経営が一層厳しくなっている。

このような状況を改善するためには、供給体制の整備や適正な価格形成を図る必要があり、特に森林管理を通じて持続可能な林業の実現が求められる。また、消費者や住宅業界における役物の価値に対して正しい認識を確保し、国産材の利用拡大を目指すことが重要である。

b) 流通コスト

日本における木材流通は、第2章(b)の内容より原木価格の2倍から4倍にコストが膨れ上がる。これが国産木材製品の価格を引き上げる要因の一つだ。一方海外では、生産規模が大きく、効率的な出材および製品化のプロセスが整っているため、コストを抑えて木材を供給することが可能である。その結果、輸入材は国産材よりも安価に市場に提供され、国産材との価格競争において優位に立っている。

この状況を解決するためには、中間コストの削減や流通構造の見直しが必要であると同時に、国内林業の生産効率を高めるため、技術の向上が課題である。

(2) 研究概要

a) 研究目的

木材価格が低く、森林事業者に妥当な金額が還元されていない背景から、各県の木材価格や経費の内訳、木材流通過程における各段階でのコストを調査し、山に還元することができる適正価格について検討した。

b) 研究方法

研究方法は、文献調査及びヒアリング調査による。文献調査は、書籍や論文、林野庁「森林・林業白書」、日刊木材新聞を用いて、木材価格の動向を調査した。ヒアリング調査は、木材流通に関わる全国各地の森林組合、製材工場、木材市場を対象に調査を行った。調査の際には、事前に作成したヒアリングシートをもとに質問を行った。

(図16)

図16 ヒアリングシート

(3) 木材価格の現状

a) 木材価格の動向

原木価格製品価格ともにピークが1980年となっている(図17)。世間ではオイルショックが起こっており、石油価格が高騰したことで燃料代や伐採にかかる費用などが上がった。それに伴い輸入コストが上がり、国産材の使用が増えた。その他にも、製品としてではなく、石油の代替燃料として原木が重宝されたとされる。

2010年の「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」制定以降、農林水産省及び国土交通省は公共建築物の木材利用促進に取り組んできた。この法律に国産材使用の指定はなかったものの、自給率、木材需要が共に増加。2009年に大きく下がった木材需給量は、法律制定後徐々に回復し、公共建築物の床面積の木造率は、法制定時の8.3%から2019年には13.8%に上昇した。

近年木材業界で問題になったのがウッドショックだ。輸入材において、元々気候変動等で資源が減少し木材供給に制限がかかる中、コロナ禍による製材所の休業やグローバル物流システムの崩壊、さらに米国や中国で建築用木材需要が大きく増加した結果、建築用木材の供給が需要に追いつかず、木材市場での価格は1年間で約4倍まで高騰した。日本でも、輸入材の供給不足により木材の在庫が急減し、価格は高騰。しかしこれは、国産材の需要が高まったともいえ、輸入材を国産材に代替することが実現できれば、国産材活用推進のきっかけになるとも考えられる。

b) 木材価格の悪循環

原木市場や製材市場での取引価格から、そこに至るまでに要した諸経費を差し引いた金額を、立木価格という。この額は、市場逆算方式で決定され森林所有者は価格を決められない。森林所有者は、立木の販売から得られる収入で森林管理を行う。2020年のスギの立木価格は、ピーク時に比べ約2割にまで減少した(図18)。既往研究^{*7)}によると、一般のスギ伐採による売上金額は、8,000円/m³程度であるのに対し、伐採・出材等に係る費用は13,000円/m³程度かかる。木材価格の低下により、手元にほとんど収益が残らず、補助金頼りになっているのが実態だ。一部では森林事業者も、積極的な木材生産を行えていない現状が、十分な量の国産材が市場に出てこないという結果を招く。さらに、収入減少は木材供給量の低下だけでなく、森林荒廃による環境への悪影響につながる可能性がある。森林は、植える→育てる→使う→植えるという「森林と木材の利用サイクル」の維持により、森林の有する多面的機能を持続的に発揮させることになるため、山元への収入の還元は健全な森林の育成と地域の活性化のためにも重要である。

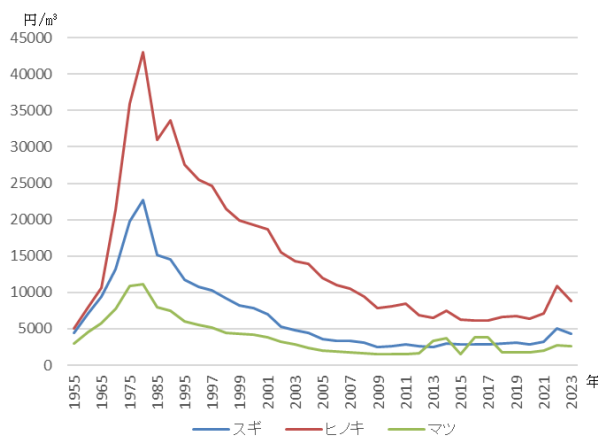


図17 原木価格と製品価格の推移

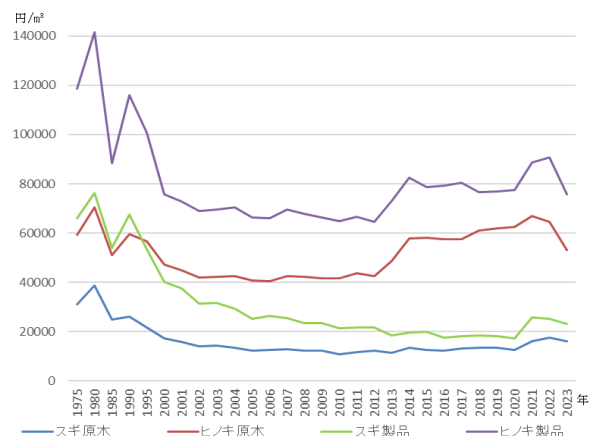


図18 立木価格の推移

(4) 適正価格への検討

川上側により多くの金額を還元するためには、立木価格を上げるのみならず、森林事業での効率化を図り、コストを減らす工夫も必要である。木材価格を上げる手法を a、木材価格を変えずにその他の部分で経費削減する手法を b とし、適正価格について考察する。

a) 立木価格の引き上げ

立木価格は、林業従事者が直接決定できるものではなく、市場における価格決定は多くの要因によって影響を受ける。そのため、流通過程における中間業者の利益率や運送費、その他の諸経費を段階的に削減していくことで、森林事業者への還元率を向上させることが課題となる。林野庁の試算によると、現状の日本の林業は赤字となっている。これは、林業に関わるコストが高く、利益率が低いためであり、森林事業者の収入である丸太収入と補助金のみでは林業経営が困難であることを示している。流通過程における中間業者の利益率や運送費、その他の諸経費を段階的に削減していくことで、森林事業者への還元率を向上させることが重要である。

加えて運送業界では、深刻なドライバー不足が問題となっている。この課題に対応するためには、流通範囲を縮小し、運送距離および時間を削減することで人件費を抑制することが求められる。特に、配送先が近接している場合には、複数の木材を相乗りで運送することができれば、さらなるコスト削減効果が期待でき、運送にかかる負担を軽減し、効率的な物流が実現される可能性がある。

以上の取り組みを成功させるにあたり、企業間での情報共有が不可欠であり、同業種の企業が相互に連携できるオンラインのコミュニティーサイトを構築することが重要である。こうしたプラットフォームを通じて、トラックの空き状況や運送スケジュールを共有することにより、各企業は物流の最適化を図ることができる。以上の協力体制が確立されれば、木材流通の効率化とコスト削減が同時に達成されるとともに、林業の収益向上に寄与する可能性がある。

b) 素材生産事業における諸経費の削減

日本では森林従事者の素材生産や再造林にかかる費用が他国と比較して大きな負担となっている。これにより、単純に木材価格を高くするだけでは問題を解決することができず、素材生産にかかる諸経費の削減が求められる。そこで一つの解決策として、林業の機械化が推進されている。林業の機械化は、伐採から搬出までの作業を機械で効率的に行うことを可能とし、作業の生産性向上に寄与する。しかし、日本の山間部は急斜面が多く、これが機械の導入に大きな障害となっている。特に、人が乗る機械は斜面での操作が非常に危険で

あり、事故のリスクが高まる。また、機械自体の導入コストも高額であり、多くの林業従事者がその負担を賄うことができず、補助金に依存している現状が続いている。

さらに、国内における再造林コストも問題の一つであり、海外と比較して技術が進んでいない。現行の仕組みでは森林事業者に過度な負担となっている。

加えて、日本の林業界全体が ICT 化に対応できていない点も課題として挙げられる。デジタル技術や機械化が進まないことで、効率性の向上やコスト削減のチャンスが十分に活かされていないなどの問題が複数存在している。

(5) ヒアリング

吉野町で地域材の流過程を調査した。吉野町は、昔からの良質な役物を生産し、高価な価格で取引されることで吉野地域ならではの林業の形態が確立されていた。しかし、役物が使われなくなった現在では、材が売れずに川上側の林業の衰退が懸念されている。

a) K 森林組合

吉野林業は、植林間隔を狭くし(密植)、まっすぐで密度のある木を育てている。そこから間伐回数を多くして(多間伐)、時間をかけて高品質な材を産出する。

吉野は山が急峻であるため、林道の整備が十分にできておらず、木材の搬出方法は、ヘリコプターが主流になっている。近年では、運送費の高騰から搬出コストが割高になっており、原木価格に見合わないため出材料が減っている。そのため、補助金に頼らざるを得ない状況である。ヒアリング先の村では、森林面積が小さいため、森林全体のすべての木を把握し出材品を管理して補助金申請ができるが、これ以上大きいと難しいという。

b) Y 製材工場

Y 製材工場では、受注生産方式を採用している。吉野材は高品質な材料であるが、上述の特性上、大量生産には適していない。したがって、顧客の注文に迅速に対応するために、一定量の原木を在庫として確保している。しかしながら、年間を通して原木の安定供給が困難な場合があり、結果として、受注に応じられない事態が発生することもある。加えて、人材不足の問題も顕在化している。受注生産方式では、顧客ごとの注文内容が異なるため、製造プロセスにおいて多くの労力が必要となる。さらに、製材品の運送に関しても、別途料金を設定しているものの、限られた人員を運送業務にも割り当てる必要が生じている。これらの手間などを含めたとうえで、価格は購入時点から約 2 割から 3 割増加する。

c) Y 製品市場

吉野材の価格は、安定しており変動してこなかった。しかし、近年の輸送費の高騰により価格が引き上げられた。運賃の問題は、景気の良い時代には運賃を取らず材を運んでいた時代があり、今でも昔からの付き合いのある取引先には製品価格で運送を行うこともある。

近年では、トラックに材を乗せるまでを行い(オントラ)、そこから別途で料金をもらうか、顧客自身がトラックで材を引き取りに来る方式が一般的となっている。

d) M 工務店

吉野町では、人口が減少しており、工務店や大工といった職業に従事する人々も少なくなっている。このような現状を解決するために、M 工務店は吉野町にゲストハウスをつくり、他県からの顧客を受け入れている。そのゲストハウスは、吉野材を用いたホテル兼オフィスの形態を持ち、移住体験が可能であるという吉野ならではの独自性がある。客室には吉野材をふんだんに使用しており、その材の質の良さをアピールしている。しかし、吉野材は他地域の流通材と比較して高価であるため、一般的な住宅においては、予算の関係で吉野スギを使用できない場合が多い。

M 工務店は価格以上の価値をアピールすることで吉野材の無垢材の利用促進を図っている。

(6) 考察

適正価格の検討において、木材価格を引き上げて適正価格を設定する手法と、価格を現状のまま維持しつつ、その他の側面で林業としての持続可能性を確保する手法について考察した。

供給側と需要側の適正価格に関する感覚を一致させるのは簡単ではないが、少なくとも従来の商慣行を見直し、川下側における需要拡大と直送システムの導入による諸経費削減、川上側における素材生産システムの生産性向上によるコスト削減等の努力前提とする必要があろう。

木材業界における価格の見直しには、川上側と川下側の双方が協力して取り組むことが重要である。木材価格はサイズや品質、地域、会社ごとに異なる点に加えて、流通経路が複雑であることから、同一条件での価格比較が困難であるという問題がある。適正価格に近づけるためには、各流通段階におけるコストを可能な限り削減し、その結果、価格差を縮小させる努力が求められる。これにより、山元(川上側の産業)への還元が可能となり、林業の持続的発展が期待できる。

加えて、国産材を継続的に使用することで、川上側の地域産業を活性化させれば、木材産業全体が円滑に機能するようになる可能性がある。

4. まとめ

本研究ではまず木造軸組住宅において適切な架構設計を行うことで、国産スギ製材を活用することが可能であることを横架材の構造安全性の観点で示すことができた。力の流れの合理化により、材積に関しても現状の設計と比較し、減少することが確認できた。

川上、川中のヒアリング調査では販売価格を川上側から決めることは難しい実態が分かった。実際には川下の価格に応じてそこから諸経費等が引かれる形で立木価格が決まる。川下側の需要が少なく、値段が上がらないため、森林所有者に還元されていないのが実態である。林業の継続可能と思われるモデルケースとしては一社完結型、もしくは地域内で流通を確立させる地域完結型があることを、ヒアリングを通じて考察した。

川上から川下までの全体の調査を通じて、川下である住宅分野での自給率向上は重要な課題であることが浮き彫りとなった。今後設計者が国産横架材を活用するための設計に関する基本的スキルの陶冶と、何より意識改革が重要であり、そのための仕組みづくりが課題である。

謝辞

本研究は一般財団法人 建設物価調査会の研究助成を受けたものである。調査・研究にあたっては、川上から川下まで林業および木材産業に従事されている多くの皆様の協力を得た。また、建設物価調査会の皆様には研究進捗の確認や研究遂行に係るアドバイスを頂いたことで、研究を完遂することが出来た。皆様に深く感謝申し上げる。

参考文献：

- 1) 森林林業白書 令和5年度
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/r5hakusyo/attach/pdf/zenbun-1.pdf>
- 2) 村上淳史ほか、「プレカットを用いた木造軸組住宅（四号建築物）に関する研究 その26, 27, 29」, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- 3) 林野庁「建築物に利用した木材に係る炭素貯蔵量の表示に関するガイドライン」
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/mieruka.html>
- 4) ウッドマイルズフォーラム 図表集「木材の輸送過程の二酸化炭素排出量」
https://www.woodmiles.net/chart/2_index_detail.php
- 5) (一社) 中大規模木造プレカット技術協会
「国産材活用テキスト」
<https://www.precut.jp/support/tool/text>
- 6) 岡部光 芝浦工業大学 卒業論文
「国産材の流通と利用実態に関する研究」
- 7) 渡辺結衣, 「地域における国産材活用と流通に関

する調査・研究」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2024. 8

8) 田代歩, 「2階建て木造軸組住宅に関する研究 その1」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2024. 8