

住宅・非住宅建築物における道産木材利活用技術の  
適用可能性の検討

Study on building technology utilizing timber  
produced in Hokkaido to be applicable to  
residential and non-residential buildings

地方独立行政法人北海道立総合研究機構  
建築研究本部 北方建築総合研究所

Local Independent Administrative Agency Hokkaido Research Organization  
Building Research Department Northern Regional Building Research Institute

## 概要 Abstract

### 住宅・非住宅建築物における道産木材利活用技術の適用可能性の検討 Study on building technology utilizing timber produced in Hokkaido to be applicable to residential and non-residential buildings

糸毛 治<sup>1)</sup>、河原崎 政行<sup>1)</sup>、宮内 淳一<sup>1)</sup>、齋藤 茂樹<sup>2)</sup>、渡邊 和之<sup>3)</sup>、  
本間 裕二<sup>4)</sup>、森松 信雄<sup>4)</sup>、廣田 誠一<sup>5)</sup>

Osamu Itoge<sup>1)</sup>, Masayuki Kawarasaki<sup>1)</sup>, Junichi Miyauchi<sup>1)</sup>, Shigeki Saito<sup>2)</sup>, Kazuyuki Watanabe<sup>3)</sup>,  
Yuuji Honma<sup>4)</sup>, Nobuo Morimatsu<sup>4)</sup>, Tomohito Hirota<sup>5)</sup>

キーワード : 道産木材, 地域材活用, 木造建築, 建築技術, モジュール案

Keywords : *Timber produced in Hokkaido, utilization of local Timber, Wooden buildings,  
Building technology, Module plan*

## 1. 研究概要

### 1) 研究の背景

北海道の豊かな森林資源を住宅・建築に利活用することは、環境保全、活力ある地域・産業の形成の観点からも重要な課題である。戦略研究（森林と住）で得られた知見によると、道産材の出材樹種としては、当面はカラマツの中径材が中心であり、同研究で技術開発を行った心持ち正角用構造材の市場供給は重要なテーマである。一方で、今後の出材予測を踏まえると中長期的にはトドマツが中心となり、建築分野での道産材利活用の拡大を図るためには多様な樹種に対して森林・木材加工・建築等の循環型地域産業を創出していく必要がある。

一方、国・道では、平成 22 年以降、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に基づき、公共建築の木質構造化を推進しており、これらも一つの契機としながら、民間戸建住宅のみならず公営住宅等の共同住宅、学校等の地域中核施設、事務所建築等の非住宅建築における地域産材の利用拡大方策を検討していく必要がある。

### 2) 研究の目的

住宅・非住宅建築物における道産材の利用拡大を目指し、道産材の活用事例や地域生産の実態を把握したうえで、構造部位・非構造部位を対象とした建築技術の適用可能性を検討する。

## 2. 研究内容

### 1) 木材利活用技術の事例調査および実態把握（H27～28 年度）

- ・ねらい：既存の地域材活用物件及び木材利活用技術に関する情報を収集、分析する。木造建築の大規模化を見据え、法令上の規制（防火、構造）を整理する。また、実態把握として、建築技術者（発注者、設計・施工技術者等）へのヒアリングから、木造建築に対する認

---

<sup>1)</sup> 環境研究部建築技術グループ <sup>2)</sup> 環境研究部環境グループ <sup>3)</sup> 総務部性能評価課 課長 <sup>4)</sup> 構造計算適合性判定センター構造判定部 <sup>5)</sup> 企画調整部 企画課 課長

<sup>1)</sup> Environmental Research Division, Architectural Engineering Group <sup>2)</sup> Environmental Research Division, Environment Group, <sup>3)</sup> General Affairs Division, Director of Performance Evaluation Section, <sup>4)</sup> Structural Calculation Conformity Judgment Center, Structural Safety Judgment Division, <sup>5)</sup> Planning and Coordination Division, Director of Planning Section

識、問題点を明らかにする。

- ・試験項目等：事業者ヒアリング調査、事例調査、既往文献調査

## 2) 構造部位を対象とした検討 (H27～28 年度)

- ・ねらい：住宅用途の軸組構法を対象に、梁材の寸法集約を行い、モジュール案を提案する。また、非住宅用途における一般的なスパンに対応する地域生産可能な建築技術を検討し、適用可能性を明らかにする。
- ・試験項目等：構造性能の検討、構法の検討

## 3) 非構造部位を対象とした検討 (H27～28 年度)

- ・ねらい：道産材の利用拡大に向けて、非構造部位の木質化を実現するための建築技術を検討し、適用可能性を明らかにする。
- ・試験項目等：非構造部材の要求性能の確認、木質化の検討（防耐火、断熱）

## 3. 研究成果

### 1) 木材利活用技術の事例調査および実態把握 (H27～28 年度)

#### ①地域材活用物件、木材利活用技術に関する情報収集

- ・平成 21～25 年度の「森林・林業・木材産業づくり交付金」及び「森林整備加速化・林業再生事業」に基づく 106 の整備事例を中心に、道内における建物の主要構造部について地域材利活用の現状を把握し、建物の用途ごとに、延べ面積と木材使用量、最大スパン長、採用された建築工法との関係性を分析した。

#### ②法令上の規制（防火、構造）の整理

- ・建築物の用途、地域、規模に応じて、法令上、建築物に求められる防耐火性能とその代表的な例示仕様、構造計算にて確認すべき事項、計算方法、適用条件について整理を行った。

#### ③建築技術者の木造建築に対する認識、問題点の実態把握

- ・アンケート調査およびヒアリング調査より、建築技術者が持つ木造建築に対する認識、問題点を明らかにした。
- ・特に道内で流通する道産木材を用いて、大スパンに対応する工法の提案が望まれることが分かった。

### 2) 構造部位を対象とした検討 (H27～28 年度)

#### ①モジュール案の提案

- ・道内で流通するカラマツ集成材、トドマツ集成材（ともに幅 105 mm）を用いて、スパン長 3,640 mm（住宅用途）、5,460 mm, 7,280 mm（非住宅用途）の 3 段階で、積雪地域（積雪荷重）、用途（積載荷重）ごとに必要な梁、大梁、中柱の断面寸法を求めて、モジュール案を示した。（図 1）
- ・スパン長が 7,280 mm では、必要な梁断面が大きくかつ梁間隔が狭くなり、実現性が乏しいことが分かった。

#### ②非住宅用途に対応する地域生産可能なトラス工法の検討

- ・①の検討を受けて、道内で流通する中小断面のカラマツ集成材・製材を用いて、スパン長 7,280 mm を実現するための工法として、鉄筋を用いて張弦梁を併用した木製トラスの仕様を提案した。（図 2）

### 3) 非構造部位を対象とした検討 (H28 年度)

#### ①木製カーテンウォールの適用範囲の検討

- ・カーテンウォールに求められる防水性、耐久性、耐火性の観点から、耐火建築物の要件がなくメンテナンスしやすい低層建築を対象として、「開口部」と「非耐力壁」の木質化をそれぞれ検討した。

#### ②開口部での利用

- ・方立を木質化し、方立両面にガラスを取り付けたガラスカーテンウォールでの適用可能性を検討した。（図 3）
- ・方立の厚みを厚くし、ガラス間の通気層を確保して、開口部の断熱性・遮熱性を向上させる利用法

を提案した。

### ③非耐力壁での利用

- ・柱・梁で構成される躯体の外側に、断熱外皮として取り付ける木製高断熱パネルの適用可能性を検討した。
- ・木製高断熱パネルは、四周を木枠、面材を厚物合板等で構成し断熱材を充てんさせたパネルとし、非耐力壁（カーテンウォール）として梁へ留付ける方法と、水平力に抵抗する耐力壁として梁へボルト固定する方法を提案した。

### <具体的データ>

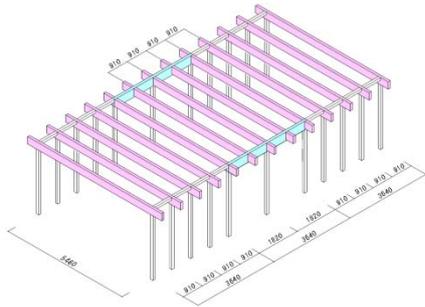


図1 モジュール案の提案 (5,460mm)

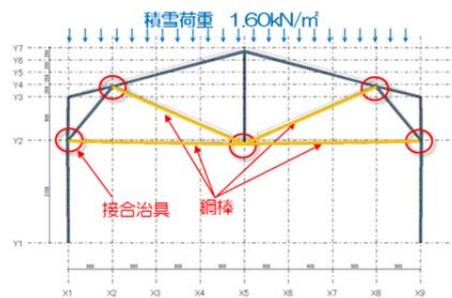


図2 鋼棒を用いた調弦梁トラスの例

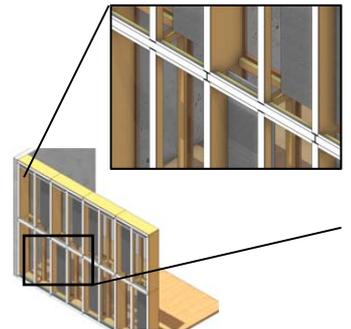


図3 木製ダブルスキンの例

## 4. 今後の見通し

- ・木造建築を計画・設計する際の技術情報として活用されるが、ある程度のスパン以上では、規模、用途等に応じて柱断面の取り扱いに留意しなければならない。
- ・今後の道産木材利活用を進めるための実用化に向けた建材の研究開発に活用される。
- ・設計条件、梁のモジュールに応じた柱材の寸法について、建築構造、生産、施工などの面からの更なる技術的検討が必要であり、今後の課題として研究を継続する必要がある。

## 目 次

1. 背景と目的	1
(1) 背景	1
(2) 目的	1
(3) 研究の内容	1
2. 木材利活用の事例調査と実態把握	2
(1) 事例調査	2
(2) ヒアリングによる実態調査の実施	4
(3) アンケートによる実態調査の実施	9
3. 検討対象の絞り込み	15
(1) 法令における規制	15
(2) 既往文献調査	19
(3) 建築技術検討	22
4. 構造部位を対象とした検討	24
(1) モジュール案の提案	24
(2) 非住宅建築物に地域材を用いた主要構造部を適用する建築構法の提案	32
5. 非構造部位を対象とした検討	35
(1) 柱・梁に取り付ける木製壁	35
(2) 木質化ダブルスキン	37
6. まとめ	40

# 1. 背景と目的

## (1) 背景

北海道の豊かな森林資源を住宅・建築に利活用することは、環境保全、活力ある地域・産業の形成の観点からも重要な課題である。戦略研究（森林と住）で得られた知見によると、道産材の出材樹種としては、当面はカラマツの中径材が中心であり、同研究で技術開発を行った心持ち正角用構造材の市場供給は重要なテーマである。一方で、今後の出材予測を踏まえると中長期的にはトドマツが中心となり、建築分野での道産材利活用の拡大を図るためには多様な樹種に対して森林・木材加工・建築等の循環型地域産業を創出していく必要がある。

一方、国・道では、平成 22 年以降、「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」に基づき、公共建築の木質構造化を推進しており、これらも一つの契機としながら、民間戸建住宅のみならず公営住宅等の共同住宅、学校等の地域中核施設、事務所建築等の非住宅建築における地域産材の利用拡大方策を検討していく必要がある。

## (2) 目的

住宅・非住宅建築物における道産材の利用拡大を目指し、道産材の活用事例や地域生産の実態を把握したうえで、構造部位・非構造部位を対象とした建築技術の適用可能性を検討する。

## (3) 研究の内容

本研究は、次に示す 1)～3) の項目から構成される（図 1-1）。なお、報告書の構成は図 1-2 に示す。

### 1) 木材利活用技術の事例調査および実態把握

既存の地域材活用物件及び木材利活用技術に関する情報を収集、分析する。木造建築の大規模化を見据え、法令上の規制（防火、構造）を整理する。また、実態把握として、建築技術者（発注者、設計・施工技術者等）へのヒアリングから、木造建築に対する認識、問題点を明らかにする。

### 2) 構造部位を対象とした検討

住宅用途の軸組構法を対象に、梁材の寸法集約を行い、モジュール案を提案する。また、非住宅用途における一般的なスパンに対応する地域生産可能な建築技術を検討し、適用可能性を明らかにする。

### 3) 非構造部位を対象とした検討

道産材の利用拡大に向けて、非構造部位の木質化を実現するための建築技術を検討し、適用可能性を明らかにする。

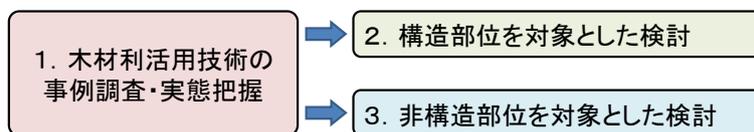


図 1-1 本研究のフロー



図 1-2 報告書の構成

## 2. 木材利活用の事例調査と実態把握

### (1) 事例調査

#### 1) 北海道における地域材利活用の現状

北海道では、戦後に多く植栽されたカラマツが近年成熟期を迎えており、建築用途への積極的な活用が期待されている。地域の森林から産出された木材・木製品を、住宅分野や農業用施設など多様な分野にて活用する取り組みとして、北海道庁では施設の木造化・木質化を促進させるとともに、市町村などの公共建築物を対象に支援を行っている。しかし、多くの木材使用量が見込める中大規模建築への適用を中心に、補助事業等により公共建築物への活用が促進されているが、継続的な利活用には至っていない。

北海道の森林資源は、国内森林資源の16.5%（森林面積731百万m<sup>2</sup>）を占めている。一般用材やパルプ用材などを含めた林業素材生産は全国比17.7%（2,945千m<sup>3</sup>）であるが、木材・木製品工業における生産金額は全国比9.6%（897千m<sup>3</sup>）に留まり、木材としての活用割合は低い。地域材の活用増大策には、他都府県への移出や国外への輸出が考えられるが、素材として他県への移出はあっても、建築用製材としての量は少ないと想定される。また近年の木材輸出の動向は、九州地域から韓国や台湾などへの輸出が増加しているが、北海道では補助事業を活用した試行例はあるが、国外への輸出量が増加する傾向にはない。

#### 2) 北海道における非住宅建築物の地域材利活用事例の整理

非住宅の木造建築は、様々な構造形式や構法が用いられており、多様な形態により建設されている。近年は構法の開発も活発で、接合部治具などを用いる構法・工法が存在する。平成27年度は非住宅建築物の建築事例を広く収集し、図2-1に示す調査シートに取りまとめた。

シートの記録項目を以下に示す。

1. 物件名称
2. キーワード（材料・構法・防耐火・外皮など）
3. 建築のねらい、新規性、方法
4. 使用材料
5. 構造形式、構法、構工法名称、部材接合方法
6. 用途、面積、所在地など建築諸元
7. 建築主
8. 設計者
9. 施工者
10. 設計・施工期間など
11. 建築概要が確認できる図面などの資料

これらの情報を収集し整理することで、非住宅建築物の特徴や傾向を把握できる。

また、北海道内だけでなく広く国内で建設された事例を分析することで、研究の基礎的知見を得ることができる。収集は建築関係の専門誌ばかりでなく、公共団体が編纂した広報資料なども活用し多くの事例を収集の対象とした。

#### 3) 非住宅木造建築物の事例における構造方法の分析

北海道では平成21～25年度の「森林・林業・木材産業づくり交付金」及び「森林整備加速化・林業再生事業」に基づく106の建設事例が北海道庁「木造公共施設等の整備事例」に取りまとめられている。これらの整備事例を中心に、北海道で建設された非住宅木造建築物における構造体への地域材利

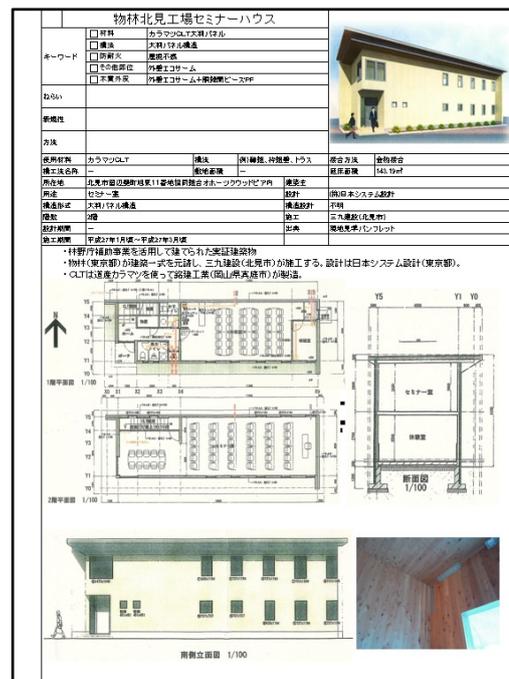


図2-1 調査シートの事例

活用の現状を把握した。

建物用途ごとに、延べ面積と延べ面積あたりの木材使用量（以下、「木材使用量」という。）の関係を分析した（図 2-2）。延べ面積が 500m<sup>2</sup>以下の事例が多く、鉄骨造や鉄筋コンクリート造の建築物に比較してやや中大規模とは言い難いが、住宅建築物に比較して規模が大きい傾向が見て取れる。500 m<sup>2</sup>以下の建築物では木材使用量のばらつきが大きく、建物用途により木材使用量の傾向は見られない。延べ面積が 1,500m<sup>2</sup>を超えると、木材使用量はおよそ 0.15m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>前後に収束する傾向がみられ、延べ面積から木材の使用量がある程度推定できる。この規模の建築物では、柱一本が支持する面積が大きくなる長大スパンとなる構法や建築様式が採用されると想定され、単位面積当たりの木材使用量は小さくなる傾向にあるといえる。

次に、図面等から構造形式および梁スパンの推定が可能であった 23 事例を抽出し、延べ面積との関係を分析した（図 2-3）。その結果、延べ面積 1,000m<sup>2</sup>、梁スパン 10m を閾値として、一部トラス工法が見られるものの、フレーム（ラーメン）構造の採用が大部分を占めている。

中大規模木造建築における地域材の更なる利活用を推進するにあたっては、フレーム（ラーメン）構造が採用される理由や技術的特長、設計上の利便性、他の工法が採用され難い潜在的な理由等を把握し、中大規模木造建築建設に係る技術的要件、要求性能等を明らかにすることが重要であり、これらの知見を基に、技術開発につなげることが望ましい。

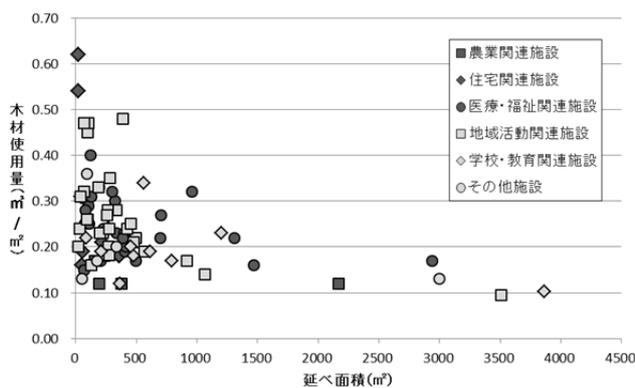


図 2-2 建物用途ごとの延べ面積と木材使用量

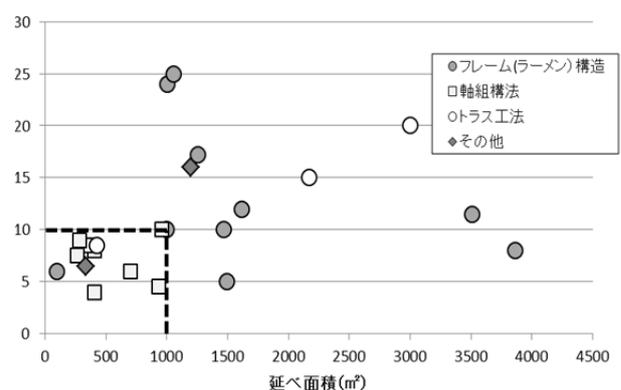


図 2-3 構造形式ごとの延べ面積と梁スパン

## (2) ヒアリングによる実態調査の実施

### 1) 非住宅木造建築物における地域材利用に係るヒアリング調査

一般的な建築行為は、発注者サイドの意向に基づき設計、施工が行われ、建築基準への適合確認等で行政が関与する。一方、地域材を活用した建築行為の場合は、当該地域の木材を生産、加工、供給する事業者が深く関わることになり、発注者、設計者及び施工者と連携した建設計画の策定が重要になる。特に非住宅木造建築物の場合は、主要構造材を含めて使用する木材量が多くなるため、材料調達が施工開始時期などに大きく影響する。

天然材料である木材は、山林より伐採されることから材料の調達が始まり、乾燥、製材を経て、建築物に使われる。比較的大規模となる非住宅木造建築物では、図 2-4 に示すような時系列を経過して建築され、そこには多くの関係者が介在する。その中には事業者（行政庁を含む）、設計者施工者だけでなく材料供給者や加工者も含まれる。本研究においては、これらの過程で生じる諸問題の概要を把握するため、ヒアリング調査を実施した。

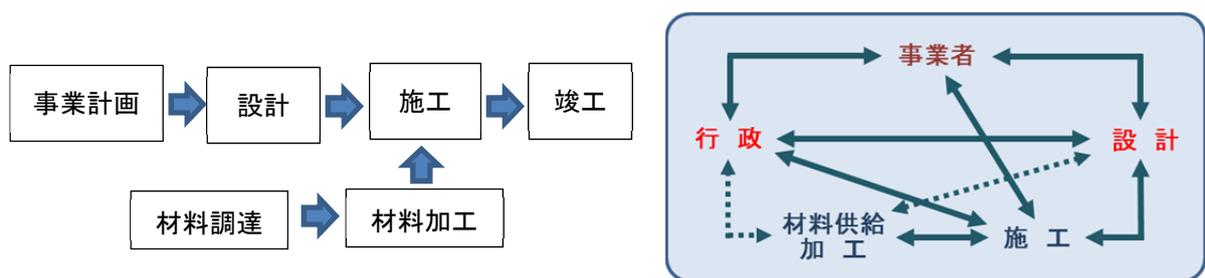


図 2-4 建築行為における事業時系列と関係者相互の関係性

### 2) 事業者および設計者へのヒアリング調査

本研究では、上述の業務関係者の中から、事業者でもある行政庁における担当者と設計者に着目した。特に設計行為に着目し、道内で中大規模木造建築の発注及び設計事業の実績がある事業者に対して平成 27 年 2 月 17 日～19 日の期間にヒアリング調査を行った。

ヒアリング調査の対象者は、A 役場、B コンサルタント、C コンサルタント、D 組織設計事務所、E 意匠設計事務所の 5 業務関係者である。ヒアリング調査は、以下の 4 項目を中心に聞き取りを行った。（複数の事業者で共通する内容は網掛けで示す。）

ヒアリング調査を行った結果を表 2-1 に、調査で得られた主な意見を以下に示す。

#### a) 木造で発注又は設計を行った理由

- ・発注者の意向として木造で設計することが前提である。
- ・コスト比較の結果、RC 造から木造に変更した事例もある。

#### b) 構造形式選択の理由

- ・架構を「表し」にしたいという発注者の要望、構造自由度等の総合的な観点から選択した。
- ・木造は設計が難しい側面があり、設計業務を省力化できる工法が採用される。
- ・他の工法では準耐火構造への対応に課題がある。

#### c) 地域材を活用した中大規模木造建築の技術的な課題

- ・意匠性、準耐火構造等の要求に対応可能な工法の選択肢が少ない。
- ・大断面集成材に設備配管のためのスリーブを設けることが困難である。
- ・金物が露出すると結露の恐れがある。
- ・大断面集成材等を用いた工法では、地域経済に循環する資金が少なくなる。
- ・地場事業者で施工可能な構法開発のニーズが要望される。

- d) 地域材を活用した中大規模木造建築の普及拡大に向けた課題
- ・地域材の流通体制が整っておらず、これに起因して地域材と指定すると建設コストが高騰する。
  - ・木造の構造設計ができる技術者が道内で不足している。
  - ・RC造等と比較して木造は火災保険が高い。
- e) その他（事例調査の際に、医療・福祉関連施設利用者から得られた意見）
- ・木の温かみが感じられる。
  - ・接合部の金物はなるべく見えない方がよい。

表 2-1 ヒアリング調査結果の概要

	A役場 (発注者)	Bコンサルタント (設計者)	Cコンサルタント (設計者)	D組織設計事務所 (設計者)	E意匠設計事務所 (設計者)
① 木造で発注又は設計を行った理由	・町の基本方針に基づく ・町内事業者(大工等)による施工範囲が広がる ・町内森林資源の有効利用	・発注者の要望による ・コスト比較の結果RC造から木造に変更したものもある	・発注者の要望による	・発注者の要望による	・発注者の要望による
② 構造形式選択の理由	フレーム(ラーメン)構造 ・構造を表して使用可能なため ・構造の自由度が高いため ・構造計算までパッケージ化されているため	フレーム(ラーメン)構造 ・構造を表して使用可能なため ・構造の自由度が高いため ・構造計算までパッケージ化されているため	フレーム(ラーメン)構造 ・木材の確保から対応可能なため ・準耐火にも対応可能なものがあるため	フレーム(ラーメン)構造 ・構造を表して使用可能なため ・構造の自由度が高いため ・構造計算までパッケージ化されているため	軸組工法 ・コスト比較の結果
③ 地域材を活用した中大規模木造建築の技術的な課題	・中大規模では構造を見せるため、構法の選択肢に限られる ・地域の建設事業者で施工可能な構法が理想	・中大規模では構造を見せるため、構法の選択肢に限られる ・準耐火が要求される際に、木を表して用いることが困難 ・木材の強度が樹種、産地により異なるため構造計画が困難	・設計基準が不明確な部分がある ・金物を使うと外壁周りで熱橋となり結露の原因となる ・集成材を作るための木取りのロスが大きい	・中大規模では構造を見せるため、構法の選択肢に限られる ・準耐火が要求される際に、木を表して用いることが困難 ・設備ダクトを通すため天井懐が大きくなる	
④ 地域材を活用した中大規模木造建築の普及拡大のための課題	・製材事業者に限られる ・木材の産地証明が十分に確立していない ・年度を跨ぐ計画が必要となり、予算、工期の確保が難しい ・火災保険が他の構造形式と比較して高い	・製材事業者に限られる ・地域材と指定すると、コストが他の構造と比較して割高となる ・火災保険が他の構造形式と比較して高い ・木造の構造設計者が道内は非常に少ない	・製材事業者に限られる ・地域材の流通経路が確立していない ・地域材と指定すると、コストが他の構造と比較して割高となる ・発注者が木造や地域材の状況を理解していないことがある	・地域材の流通経路が確立していない ・年度を跨ぐ計画が必要となり、予算、工期の確保が難しい ・地域材と指定すると、コストが他の構造と比較して割高となる	・木造の構造設計者が道内は非常に少ない

### 3) 材料の供給および加工業者へのヒアリング調査

事業者および設計者へのヒアリング調査に加え、木造建築の特徴である材料供給および加工者に対して、平成 28 年 10 月から 11 月にヒアリング調査を実施した。このヒアリング調査は、建築工事数が多い札幌圏を除くと公共建築物などに比較的木造建築が多く、木材産出地に比較的近接していることから道東地区を対象とした。ヒアリング調査で得られた主な意見は単に材料供給や加工に係ることだけでなく木材使用に係ることに広範囲に言及されており、以下に回答の概要を示す。(全回答を表 2-2 に示す。)

#### a) 地域材の使用および利用

- ・地域材を用いた建築物では畜舎建築 (3,000m<sup>2</sup>未満) などへの使用事例が多い。
- ・トラス架構では集成材を使用しない場合がある。
- ・現状において地域材の利用は公共建築が主体だが、住宅系にも使用されつつある。
- ・道東の地域材はトドマツ、カラマツ材が主体で豊富。

- b) 地域材の流通についての問題点
  - ・公共建築物では役所が材料調達に前年度伐採、当年度使用という計画で調整するので流通についての問題点は少ないが、入札時期の問題がある。
  - ・年間を通して原木伐採などスケジュールが存在する。
- c) 生産する部材について
  - ・設備の拡充を検討して生産者がある。(コアドライ、集成材)
  - ・集成材を利用すると 15m スパンまで対応できる。
  - ・通常の地域材の製材はスパン 4m 程度まで (一般的に流通する製材の長さ) 対応できる。
  - ・地域材では大断面をとれる原木がない。
  - ・加工処理や化学処理を施して使用する場合があるが高価で補修が難しい。
- d) 建築物の設計について
  - ・木造実務経験の少ない建築士の設計は苦勞することが多い (形状などの問題)。
  - ・スパンを飛ばす場合は大断面集成材を使用するが多い。
  - ・スパンを飛ばす場合は大断面集成材によるラーメン構造と製材を使用するトラス構造がある。
  - ・価格は一般的にトラス工法の方が安い
  - ・外装材を含めて地域材の使用は設計者が意図的に使用する場合が多い。
- e) 公共施設の木材化の状況
  - ・補助事業が終了すると木造化は減少。
  - ・木造公共整備事業があるが、手間を考えると意欲が湧かない。
  - ・市や町、村の木を可能な限り使用すると定めた地域がある。
- f) その他
  - ・地域材を活用しバイオマスボイラー発電を始めている地域がある。
  - ・北海道では冬期間の施工が難しく公共事業への対応が困難となる場合がある。

表 2-2 材料の供給および加工業者へのヒアリング調査回答

<p>■材料の供給および加工業者へのヒアリング調査回答</p> <p>a) 地域材の使用および利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地域材を用いた建築物は多い。</li> <li>・畜舎建築 (3,000m<sup>2</sup> 未満) への使用事例が多い。</li> <li>・トラス架構の畜舎では集成材を使用しない場合がある。</li> <li>・在来構法の住宅に構造部材を供給しているが地域材の使用は極少数である。</li> <li>・白糠の地域材はトドマツが中心、根室ではトドマツが魚箱に使用される。</li> <li>・炭鉦への利用から、カラマツが数十年先まで豊富に蓄積されている。</li> <li>・トドマツは内装等に使用される例がある (色、表面の風合い)。</li> <li>・地域材の利用において公共建築物は少なく住宅用がメインとなる。</li> <li>・住宅への地域材利用は少し増えている (構造部材)。</li> <li>・民間の共同住宅にも地域材は利用されている。</li> <li>・釧路管内では木材は豊富であり潜在的に建築物の構造部材に使用できる可能性がある。</li> </ul> <p>b) 地域材の流通についての問題点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・公共建築物では役所が調整することから流通についての問題点は少ない。</li> <li>・企業が原木の流通ルートを確認しており特に流通面の問題は無い。</li> <li>・木材の在庫は十分ある。</li> </ul>
---

- ・FSC 認証材を扱っている（カラマツ 9 割、トドマツ 1 割で民有林が多い）。
- ・ある企業は年間 5,000～6,000m<sup>3</sup> の木材を扱う。
- ・原木の販売の他、梱包材用木材を製作している。
- ・一部集成材用ラミナを製造している。
- ・森林組合では 1～10 月は山の整備を行い、11 月以降に伐採するスケジュールとなる。
- ・在庫は常にあり（2～3 年分）道内の中核森林組合は全て同じ状況である。
- ・夏場は周辺のいろいろな山から原木が入ってくる。
- ・公共建築では入札情報開示まで木材の調達を依頼することができない（現状では調整実施）。
- ・材料調達は前年度伐採、当年度使用という計画が多い。
- ・過去の平均的な使用量をみて、翌年度の伐採計画を立てる。
- ・市有林の調達が難しい場合は道内の他の地域材を使用する。

#### c) 生産する部材について

- ・カラマツの正角材（高温乾燥部材、芯去り材）を供給できる。
- ・コアドライは製造していないが、道内 2 カ所目の認定を受け試験的に作成中、来年度以降に製造開始を予定している。
- ・H29 年度以降乾燥機を追加する予定である。
- ・正角材は牛舎用に在庫がある（乾燥は緩い）が再乾燥して（高温乾燥）住宅に使用する。
- ・スパンが大きくなると、集成材を利用する。
- ・集成材は 15m スパンまで対応できる。
- ・通常の地域材の製材はスパン 4m 程度まで（一般的に流通する製材の長さ）対応できる。
- ・大断面の製材には、輸入材（スプルース等）がある。
- ・製材の寸法が大きくなり高さ 300～330mm まで×長さ 12 尺（高温乾燥、芯去り）では、狂いの問題で歩増しが 15～20mm 必要となる。地域材ではとれる寸法の原木がない。
- ・加工処理や化学処理を施して使用する場合があるが高価で補修が難しい。
- ・表面を炙り炭化させたカラマツ材を使用した事例がある。
- ・乾燥機はあるが、梱包材、集成材用ラミナともに乾燥材ではない。

#### d) 建築物の設計について

- ・建築士の設計は苦労することが多い（形状などの問題）。
- ・社内に建築士が在籍しているので設計士と相談しながら対応している。
- ・釧路管内では設計士による木造建築物の研究会があり、木造の設計技術を高めている。
- ・木造建築は現実的には 2 階建てまでと考える。
- ・スパンを飛ばす場合は大断面集成材を使用するケースが多い。
- ・トラス工法を用いたものがある。
- ・牛舎ではトラス工法にするとゴミがたまる、空気が流れない等の問題がある。
- ・牛舎はトラス工法でもできるが、夏場の換気ほこりが溜まる等の問題があり、のぼり梁が主流となっている。
- ・梁を見せるためののぼり梁にした事例がある。
- ・スパンを飛ばす場合は大断面集成材を使う場合とトラス工法を使用するケースがある。
- ・価格は一般的にトラス工法の方が安い
- ・トラス工法は強度的にスパン長に限界がある（トラスは 8m くらいが限界）
- ・トラス工法は畜舎では良いが、住宅になると、積雪荷重が加わるため向かない。
- ・外装材を含めて地域材の使用は設計者が意図的に使用するケースが多い。
- ・120 角の製材でトラスを組むこともある。
- ・トラス工法は 15m 程度までのスパンにも対応できる。
- ・トラスの場合は下弦の部材の断面が制限される。
- ・中学校の体育館では集成材のトラスを使用した。

#### e) 公共施設の木材化の状況

- ・昨年度で補助事業が終了し（加速化事業→木造公共施設は 1/2 補助）、今年度の木造化は減少した。
- ・補助事業で木造化した物件が会計検査でもめることもある。
- ・木造公共整備事業があるが、補助率 15%（構造部材）、3.7%（内装）で手間を考えると、意欲が湧かない。
- ・市や町、村の木を可能な限り使用すると定めた地域がある
- ・地域材利用推進方針に基づいた活動しており、公共施設は地域材による木造化が基本方針とする。

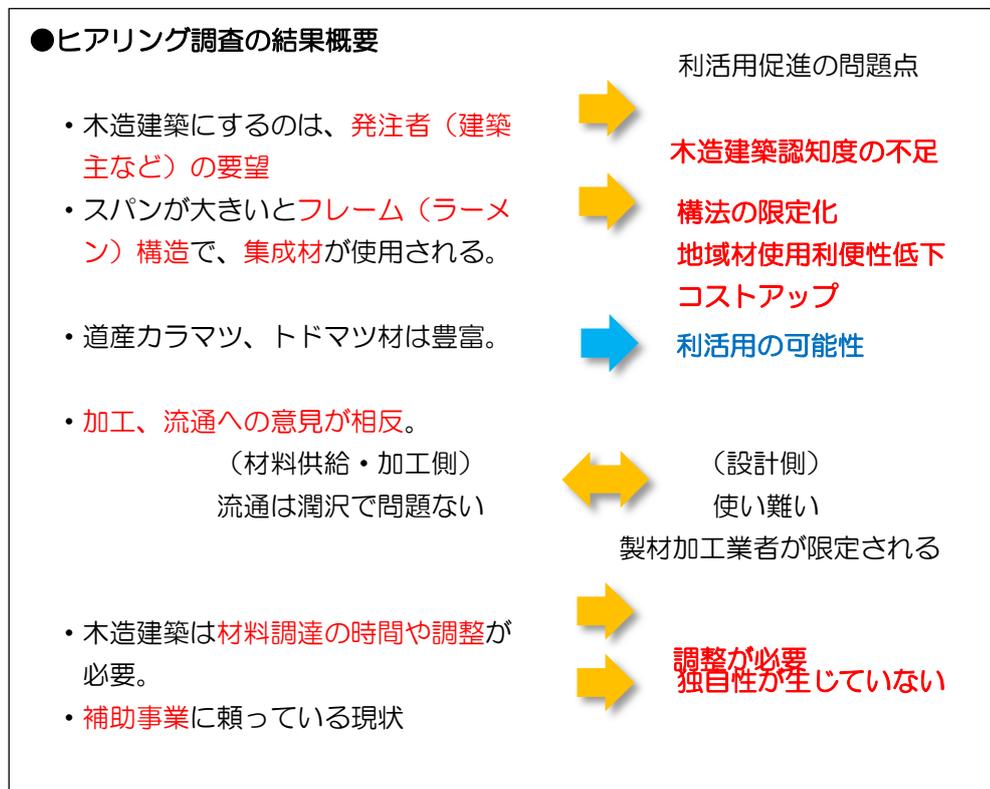
#### f) その他

- ・地域材を活用しバイオマスボイラー発電を始めている地域（江別、苫小牧、北見紋別、白糠）がある（FIT は近隣への影響を考慮）
- ・補助金事業は 3 月までだが、北海道では冬期間の施工が難しく対応が困難となる予算上の問題がある。

事業者および設計者と道東地域の材料供給・加工者を対象としたヒアリング調査により、非住宅建築物の木造化の現状や対応について回答を得た。回答を分析した結果概要を以下と表 2-3 に示す。  
 なお、このヒアリング結果を参考にして H28 年度のアンケート調査の質問項目を設定した。

1. 木造建築にするのは発注者（建築主）の要望。
2. スパンが大きい非住宅建築ではフレーム（ラーメン）構造が使いやすい。
3. フレーム（ラーメン）構造では集成材の使用と接合部の構法に限られる。
4. 道産材はカラマツ、トドマツで材料は豊富。
5. 準耐火建築への対応が困難。
6. 部材の流通について意見は相反する。
7. 木造建築では材料調達を考慮すると発注前の調整が必要で工程に影響が大きい。
8. 現状において木造化は補助事業ありき。

表 2-3 ヒアリング調査の結果概要



### (3) アンケートによる実態調査の実施

#### 1) 北海道における構造設計実務者へのアンケート調査

非住宅木造建築の事例調査および H27 年度に実施したヒアリング調査の結果より、非住宅建築の主要構造部を木造とするにあたり、構造計画や設計時に何らかの課題や障害の存在が推察された。

そこで H28 年度に、構造設計実務者を対象としたアンケート調査を実施した。

設計者には、計画から設計行為全般を実施する総合設計事務所をはじめ、計画全体や意匠・デザインを担当する計画・意匠事務所や、建物の構造体を主に設計する構造設計事務所など、多くの分野が存在する。

非住宅建築物は比較的大規模であり構造的に複雑になる場合が多く、特に構造設計分野において実績と構造設計スキルを有する設計者を対象とする必要がある。そこで本アンケート調査には（一社）日本建築構造技術者協会（通称：J S C A）北海道支部役員会の了承を得て、支部会員 125 名を対象として実施した。

アンケート調査の実施要領を表 2-4 に、設問を表 2-5 に示す。

表 2-4 アンケート調査実施要領

1. アンケート名称	: 「木造の構造設計に関するアンケート」
2. 実施主体	: 北方建築総合研究所 環境研究部建築技術G
3. 調査対象者	: (一社) 日本建築構造技術者協会 北海道支部会員 (125名)
4. 調査の方法	: (配布) 日本郵便による郵送とメール (excel ファイルの添付) の併用 (回収) 「料金受取人払い郵便」及び回答ファイル添付メールにて回収
5. 配布物	: 依頼文書及びアンケート調査表、返信用封筒
6. スケジュール	: 11/末アンケート発送及びメールによる告知 12/20 アンケート回収締め切り

表 2-5 アンケート調査の設問

1. あなた (回答者様) の事務所の所在地域についてお答え下さい
2. あなた (回答者様) の年代についてお答え下さい
3. 所属 (経営) している事務所の業務形態についてお答え下さい
4. あなた (回答者様) の業務担当についてお答え下さい
5. あなた (回答者様) の設計業務の経験年数についてお答え下さい
6. 事務所の規模 (設計関係業務に関わる人数) についてお答え下さい
7. あなた (回答者様) はどのような建築物の構造設計業務が多いかお答えください
8. あなた (回答者様) は非住宅建築において主要構造部を木造 (S や RC など他構造との併用含む) とした建築の設計経験はありますか?
9. あなた (回答者様) は大規模な木造建築の設計 (軸組や枠組み壁構法など住宅以外) はできますか?
10. 住宅・非住宅木造建築の設計実務において問題点はどのようなことですか? (複数選択可)
11. あなた (回答者様) 及び事務所は設計依頼者から木造での設計を要望されたことはありますか?
12. あなた (回答者様) は RC や S 造、木造などの構造形式を提案するときには何を基準にしますか? (複数回答可)
13. CLT 構法が告示化されるなど木質構造建築に対する政策的取り組みが進んでいますが、あなたは今後どの様に取り組みうとお考えですか?
14. H28 年 4 月 1 日に CLT 構造告示が公布・施行されました。CLT 構造についてどの様にお考えですか?
15. 非住宅の大規模建築において木造建築を採用できない理由は何ですか? (複数回答可)
16. 木造長大スパンの設計において設計しにくい (判りにくい) 点は何ですか?
17. 非住宅の大規模建築では構法に限られる傾向がありますがどの様にお考えですか?
18. 設計において樹種や産地を指定されたことがありますか?
19. 地場の製材を入手できる業務関係 (商取引や業務提携など) はありますか?
20. 建設地または指定地域の材料使用を前提とした設計を行ったことがありますか?
21. 柱、梁等の構造体以外で、どのような部位に地域材を用いたことがありますか? (複数回答可)
22. 地域材を使うメリットとデメリットをどのように考えていますか?
23. 中大規模建築物において木造 (RC、S 造など併用構造含む) 建築の設計した経験はありますか?
24. 中大規模木造建築を設計する際に法令上の対応が難しいのはどの部分ですか?
25. あなた (回答者様) は、木造の構造部においてどのような新しい構法・工法があれば良いと思いますか? (複数回答可)
26. 中大規模建築で、木造が RC 造や S 造と比較してどのような優位な点があるとお考えですか?
27. その他ご意見やご要望がありましたら、ご自由にお書き下さい……

## 2) アンケート調査の結果と分析

本研究におけるアンケート調査は郵送およびメールにより 51 名から回答を得た。回答内容を確認したところ有効回答は 50 名分となりアンケート調査の回収率は 40%である。

回答の結果を集計し、業務実績や非住宅木造建築の設計経験および木造の構造設計に係る課題などについて傾向が見られる回答をグラフ化し図 2-5～16 に示す。

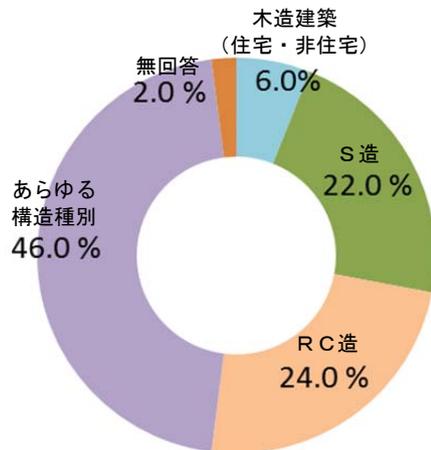


図 2-5 主に対応している設計業務

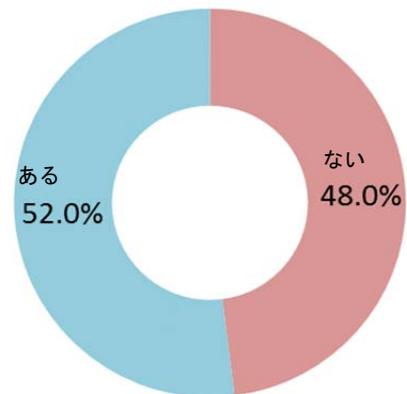


図 2-6 非住宅木造建築の設計経験

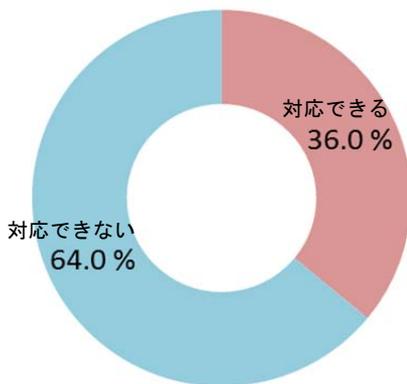


図 2-7 大規模木造設計への対応可否

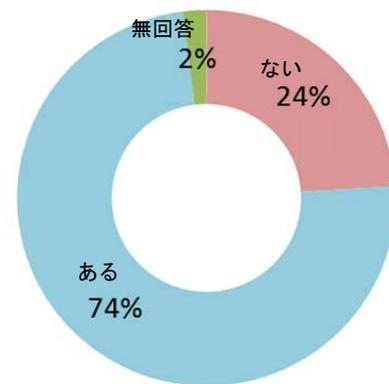


図 2-8 木造での設計依頼の有無

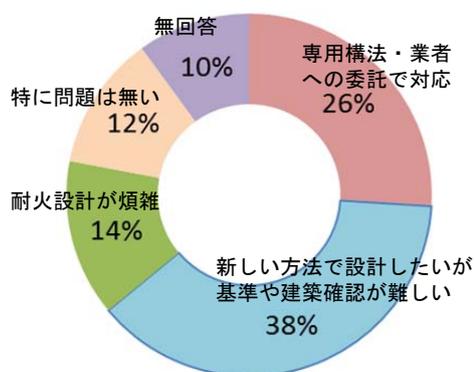


図 2-9 非住宅の大規模建築は構法が限られる事への考え方

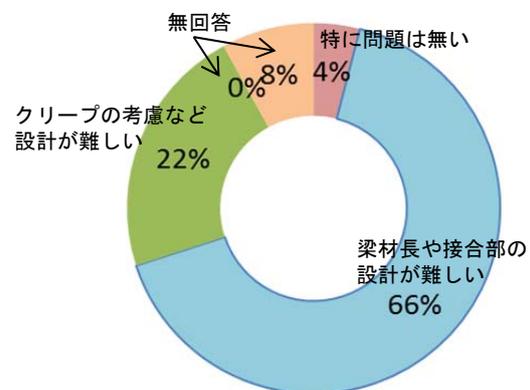


図 2-10 木造長大スパン設計の難しい事項

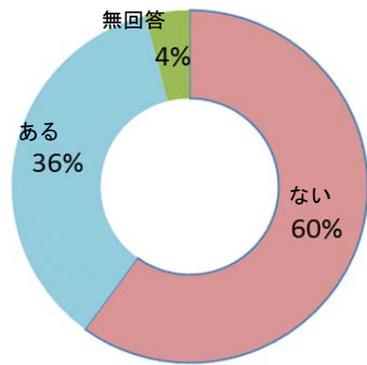


図 2-11 木造設計において樹種指定の有無

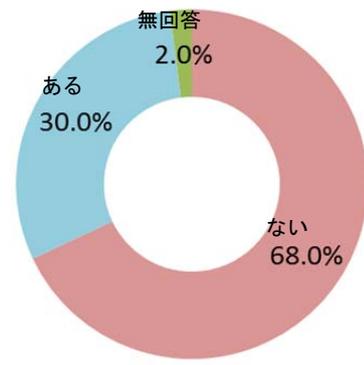


図 2-12 地域材を指定された設計経験の有無

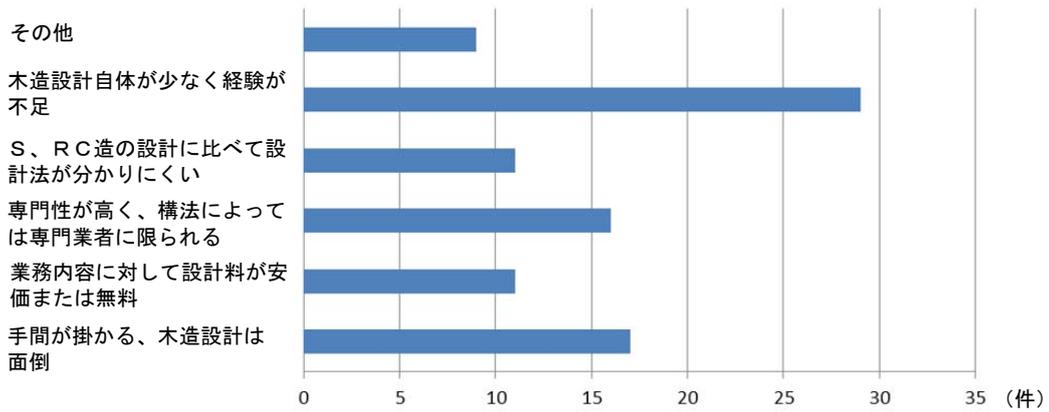


図 2-13 住宅・非住宅木造建築設計実務の問題点（複数回答）

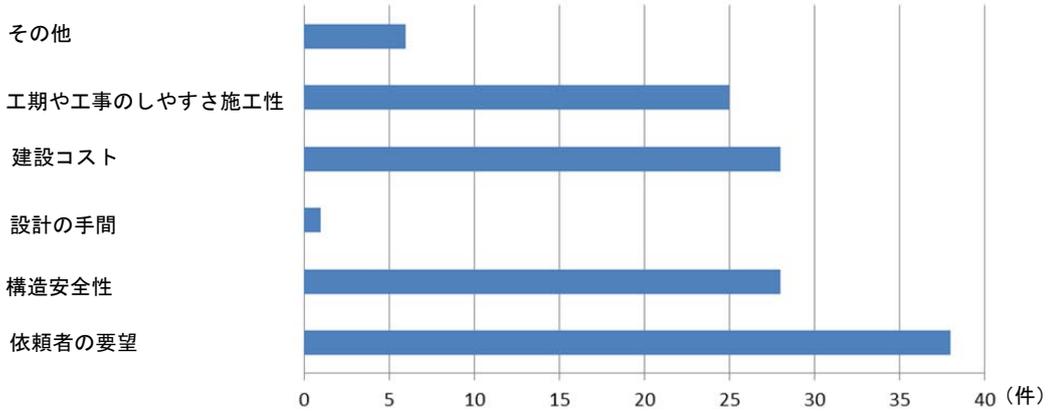


図 2-14 構造形式（RC、S、木造）提案時の基準（複数回答）

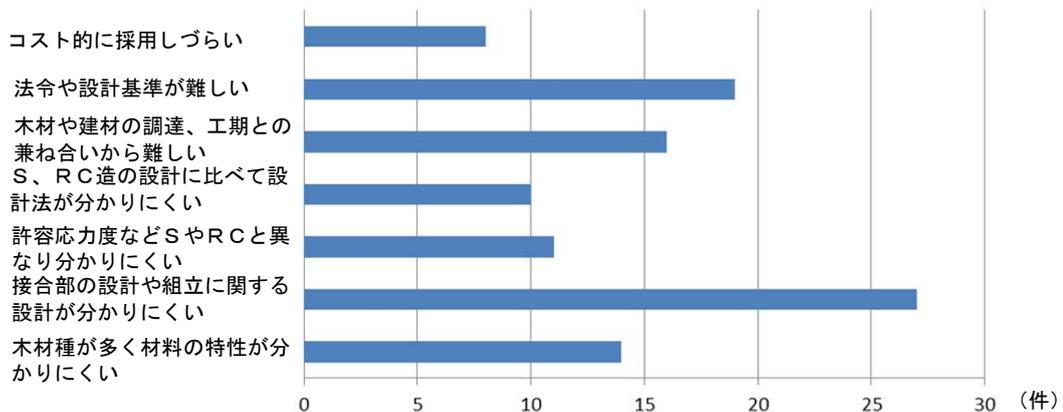


図 2-15 非住宅大規模建築に木造を採用できない理由（複数回答）

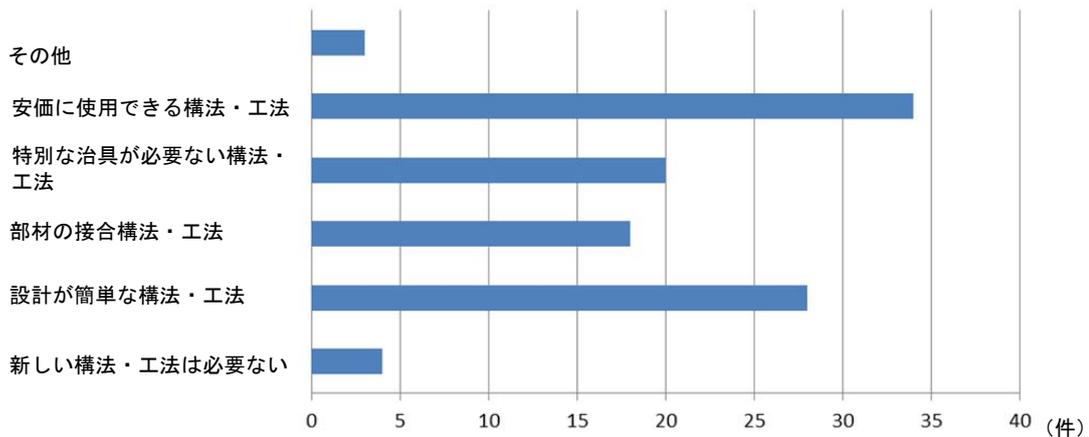


図 2-16 望まれる新しい構法・工法（複数回答）

表 2-6 アンケート調査における自由意見など回答概要

■ 地域材を使うメリット、デメリット

(メリット)

地産地消による地域経済の活性化と材料入手の容易性。

(デメリット)

コスト問題と材料供給者・施工者の選択肢が減少。

■ 設計上、法令への対応が難しい部分

接合部の設計および耐火（燃えしろ）設計が難しい。

■ 自由意見

補助金に頼らない木造建築の健全な普及。

中層程度の一般的な設計法が出来ると挑戦する人も出てくる。

海外材に負けない価格で勝負できることが必要。

木造の積算をどのような単価で扱うか（材料、人件費等）わかる図書が欲しい。

耐久性について、もっと明らかにして欲しい。

C L Tについて意匠事務所やクライアント等に色々な機会を通して広報して欲しい。

接合部の計算を含む使い勝手の良い「計算ソフト」が安価であると検討します。

腐食に対する配慮が、メンテナンスも含めてされていないものがある。

最近では金物がメインの木造建築が多いと感じる（ブレース接合部、柱梁接合部等）。理論上は強度を確保できるのかもしれないが、木材が穴だらけで木造建築物の暖かみが薄れていっているようで悲しい。実情は金物に依存している。

地域活性化に繋げる明確な戦略が必要と考える。

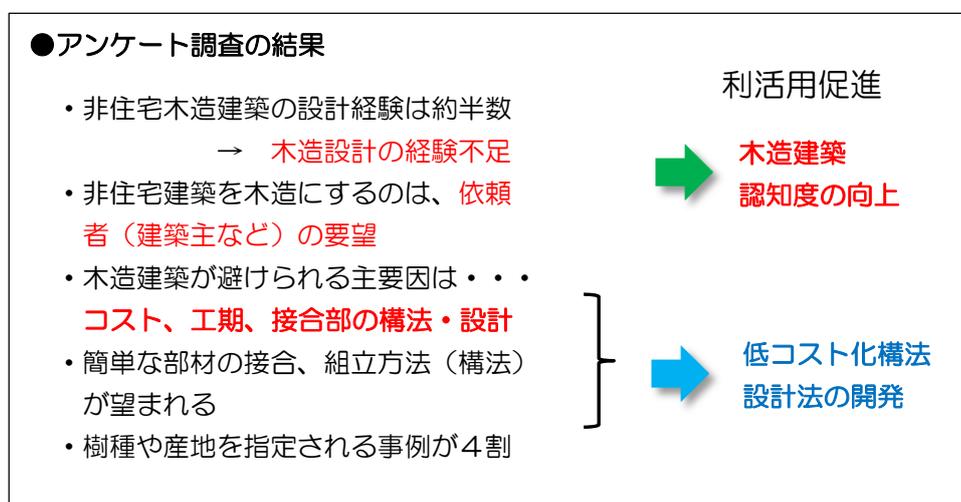
木造保有耐力の算定を簡単な手法が望まれる。

暖かく、ぬくもりのある木質材料には建築構造材として非常に魅力を感じる。その一方で木造設計の経験がなくコスト的にも高価なものとなるため、つつい鉄骨造・鉄筋コンクリート造の設計になってしまうのが実態としてある。

北海道内の構造設計者を対象としたアンケート調査により、非住宅建築の主要構造体を木造にすること、および地域材の使用について結果を得た。回答を分析した結果を以下と表 2-7 に示す。

1. 構造設計者の木造設計の経験不足と設計法の煩雑さ。
2. 木造設計は依頼者（建築主）の要望。
3. 非住宅建築物は大スパン化しやすく、主要構造体を木造とする時には集成材を使用したラーメン架構かトラス架構となる。
4. S造と比較されやすくコストに割高感がある。
5. 工期や施工性が勘案される。
6. 接合部の構法・工法に限られる場合があり設計が難しい。
7. 樹種、産地を指定される場合も多い。

表 2-7 アンケート調査の結果と利用促進の方策



### 3. 検討対象の絞り込み

#### (1) 法令における規制

##### 1) 防火

建築物における防火上の規制の目的は、第一に火災が発生した場合に、急激な火炎の成長や火災の拡大を抑制し、在館者の命を保護することである。第二には、火災による大規模建築物の倒壊や飛び火、もらい火により、市街地大火が発生することを防ぐことである。

建築基準法では、建築物の外部からの延焼防止や内部からの火災の発生、成長、拡大、建築物の倒壊防止などの抑制を目的に、仕様等、主要構造部に対する制限が、建築物の用途、規模、立地に応じて定められている。また、それぞれの規制は、単独で適用されることは少なく、用途と規模、立地と規模のように組み合わせで適用されることが多い。以下、建築物における防火上の制限の概要を記す。

##### ①用途における制限

不特定多数が集まる用途や就寝用途の建築物などは、火災時に人命の安全性が脅かされる可能性が高いため、主要構造部材に防火上の制限が適用される。また、同一用途の建築物でも、階数や延べ床面積により、要求される防耐火性能は異なる。用途における制限について、主なものを表 3-1 に示す。

表 3-1 用途における建築物の制限の例

	(い) 用途		主要構造部		耐火建築物又は準耐火建築物の別
			特定準耐火構造	耐火構造等	
(一)	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3階以上の階を用途に供するもの</li> <li>・客席の床面積の合計が200m<sup>2</sup>以上のもの</li> </ul> <b>【劇場、映画館、演芸場】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・主階が1階にないもの</li> </ul>	—	耐火構造等	耐火建築物
(二)	病院、診療所（患者の収容施設があるものに限る。）、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舎、児童福祉施設等（幼保連携型認定こども園を含む。）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3階以上の階を用途に供するもの</li> </ul>	—	耐火構造等	耐火建築物
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・【下宿、共同住宅、寄宿舎】</li> <li>・3階建てで3階を用途に供するもの</li> </ul>	1時間準耐火構造		準耐火建築物又は耐火建築物
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・用途に供する部分（2階かつ病院・診療所については患者の収容施設に限る）の床面積の合計が300m<sup>2</sup>以上</li> </ul>	準耐火構造等 <sup>※</sup>		準耐火建築物又は耐火建築物
(三)	学校、体育館、博物館、美術館、図書館、ボーリング場、スキー場、スケート場、水泳場又はスポーツの練習場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4階以上の階を用途に供するもの、4階建て以上で3階を用途に供するもの</li> </ul>	—	耐火構造等	耐火建築物
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・3階建てで3階を用途に供するもの</li> </ul>	1時間準耐火構造		準耐火建築物又は耐火建築物
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・用途に供する部分（2階以下）の床面積が2000m<sup>2</sup>以上</li> </ul>	準耐火構造等 <sup>※</sup>		準耐火建築物又は耐火建築物
(四)	百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、カフェ、ナイトクラブ、バー、ダンスホール、遊技場、公衆浴場、待合、料理店、飲食店又は物品販売業を営む店舗（床面積が10m <sup>2</sup> 以内のものを除く。）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3階以上の階を用途に供するもの</li> <li>・用途に供する部分（2階以下）の床面積の合計が3000m<sup>2</sup>以上</li> </ul>	—	耐火構造等	耐火建築物
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・用途に供する部分（2階に限る）の床面積の合計が500m<sup>2</sup>以上</li> </ul>	準耐火構造等 <sup>※</sup>		準耐火建築物又は耐火建築物

※準耐火構造等とは、法第2条第7号の2に規定する準耐火構造（45分準耐火、1時間準耐火）又は令109条の3各号に掲げる基準に適合する構造（ロ準耐一1及びロ準耐一2）をいう。

##### ②規模における規制

大規模な建築物や中高層建築物は、の主要構造部を耐火構造等とするか、一定の耐火性能を有する壁、柱、床などで有効に区画しなければならない。この制限は、建築物の立地、場所、用途に関係なく、全てのものが対象とされる。

●延べ床面積における制限

- 延べ床面積 3,000m<sup>2</sup> を超える建築物は、耐火建築物または 3,000m<sup>2</sup> 以内に所定の耐火性能を有する防火壁により防火上有効に区画するとともに、1 時間準耐火建築物（階数は 3 まで、屋根を不燃材料の仕上げ）としなければならない。
- 延べ床面積が 1,000m<sup>2</sup> を超える木造建築物は、所定の耐火性能を有する防火壁により防火上有効に区画しなければならない。（ただし、畜舎その他の政令で定める用途に供する用途に供する建築物は例外）
- 延べ面積が 1,000m<sup>2</sup> を超える木造建築物等は、その外壁及び軒裏で延焼のおそれのある部分を防火構造とし、その屋根の構造を第 22 条 1 項に規定する構造としなければならない。

●高さにおける制限

- 高さが 13m を超える又は軒の高さが 9m を超える建築物は、耐火建築物、1 時間準耐火建築物（階数は 3 まで）または 30 分間の耐火性能を有する建築物（階数は 2 まで）としなければならない。

③立地における制限

一の建築物に火災が発生した場合、その火災が他の建築物に及ばないよう、地域による集団的な規制を行い、都市の防火を図ろうというのが防火地域制である。

建築物が密集し、都市の中核となる都心部は、防火地域に指定して耐火建築物の建築を促進する。また、都心と郊外の住宅地との中間地域は準防火地域に指定して、できるだけ不燃化し、木造の建築物も防火構造とするというものである。なお、防火地域、準防火地域以外のところで、木造建築物の多い市街地については、特定行政庁が区域を指定して、屋根や外壁の構造についての規制を適用させる制度がある。

表 3-2 防火地域における建築物の制限

対象		構造
①	階数が3以上の建築物 延べ面積が100m <sup>2</sup> を超える建築物	ただし、 ③を除く
②	その他の建築物	
③	1 外壁及び軒裏が防火構造で延べ面積50m <sup>2</sup> 以内の平屋建付属建築物 2 主要構造部が不燃材料で造られた卸売市場の上屋又は機械製作工場の類 3 不燃材料で造り又は覆われた高さ2mを超える門又は塀 4 高さ2m以下の門又は塀	制限なし

表 3-3 準防火地域における建築物の制限

対象		構造
①	地階を除く階数が4以上の建築物 延べ面積が1500m <sup>2</sup> をこえる建築物	ただし、主要構造部が不燃材料で造られた卸売市場の上屋又は機械製作工場の類を除く。
②	地階を除く階数が3の建築物（防火上必要な技術的基準（注）に適合する建築物を除く） 延べ面積が500m <sup>2</sup> を超え1500m <sup>2</sup> 以下の建築物	
③	①、②以外の木造建築物	外壁及び軒裏で延焼のおそれのある部分 高さ2mを超える付属の門又は塀で延焼のおそれのある部分
		防火構造 不燃材料で造るか、覆う部分

（注）木造三階建戸建て住宅（令136条の2）

## 2) 構造

建築物の構造上の規制は、建築基準法の法 20 条（構造耐力）で「建築物は、自重積載荷重、積雪、風圧及び水圧並びに地震その他の振動及び衝撃に対して安全なものとして、次の各号に掲げる建築物区分に応じ、それぞれ当該各号に定める基準に適合するものでなければならない」とされている。この法に基づき建築基準法施行令 第 3 章 構造強度第 1 節 総則（構造方法に関する技術的基準）の第 36 条第 1 項から第 3 項までの技術的基準が定められている。

木造建築物の構造計算も施行令第 36 条、81 条をもとに、第 82 条第 1 号から第 3 号までに規定されている許容応力度の確認に加え、第 4 号に規定する使用上の支障となる変形、振動の確認をすることになっている。またすべての木造建築物については、同法施行令 第 3 章第 3 節木造（令 40 条から 49 条）の仕様規定を満たさなければならいと定められている。

木造建築物は、伝統的な仕口や継手によって柱と梁で組み立てられた在来軸組工法と、大断面の構造用集成材や構造用製材を使用した集成材等建築物の二つに分類される。在来軸組工法は、施行令第 46 条第 4 項の壁量規定を満たすことを想定した建築物で、集成材等建築物は所定の構造計算を行うことによって、壁量規定を除外できる建築物である。どちらにしても、ある規模以上の建築物においては、同法施行令第 3 章第 8 節構造計算に規定されている構造計算を行わなければならない。

### ①規模及び構造形式による木造建築物の構造計算

規模及び構造形式による構造計算として要求される事項を表 3-4 に示す。

表 3-4 用途における建築物の制限の例

			許容応 力度ほ か	層間変 形角	剛性率	偏心率	保有水 平耐力	備考
			令 82 条 各号	令 82 条 の 2	令 82 条 の 6 第 2 号イ	令 82 条 の 6 第 2 号ロ	令 82 条の 3	
軸 組 工 法	高さ 13m 以下かつ軒 の高さ 9m 以下	階数 2 以下延べ面積 500 m <sup>2</sup> 以下	—	—	—	—	—	令第 46 条 の壁量規 定をはじめ令第 3 章第 3 節 の仕様規 定
		階数 3 以上、又は延 べ面積 500 m <sup>2</sup> 越	○	—	—	—	—	
	高さ 13m 超、または 軒の高さ 9m 越	高さ 31m 以下	○	○	○	○	—	
		高さ 31m 超	○	○	—*1	—*1	○	
集 成 材 等 建 築 物	高さ 13m 以下かつ軒 の高さ 9m 以下	階数 2 以下延べ面積 500 m <sup>2</sup> 以下	○*2	○*2	—	○*2*3	—*4	
		階数 3 以上、又は延 べ面積 500 m <sup>2</sup> 越	○	○*2	—	○*2*3	—*4	
	高さ 13m 超、または 軒の高さ 9m 越	高さ 31m 以下	○	○	○	○	—	
		高さ 31m 超	○	○	—*1	—*1	○	

注) \*1 剛性率、偏心率の制限はないが、Fes の計算において計算することになる。

\*2 令第 46 条第 2 項第一号に基づき大臣が定める構造計算（昭 62 建告第 1,899 号）として必要になるものを示す。

- \*3 偏心率が 0.3 を超える場合は保有水平耐力の確認を、また、偏心率が 0.15 を超え 0.3 以下の場合には Fe による外力割り増し、ねじれ補正、保有水平耐力の確認のいずれかを行わなければならない。
- \*4 偏心率が 0.3 を超える場合に必要となる。

(2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書 より抜粋)

## ②横架材（はり）のたわみ規制について

「建築基準法」では、施行令第 82 条第四号の規定に基づき、建築物の使用上の支障が起こらないことを確かめる必要がある場合及びその確認方法は、建設省告示第 1459 号に定められている。

はり（床面に用いるものに限る）は、 $D$ （はりせい） /  $l$ （部材の有効長さ） $\leq 1/12$  を満たすか、たわみの最大値を計算し変形増大係数(2)を乗じて当該部材の有効長さ（以下スパンと称す）で除した値が  $1/250$  以下であることを確認しなければならない。

「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008 年版）」（(財) 日本住宅・木造技術センター）では、横架材のたわみ制限は、床面で長期（常時）スパンの  $1/300$  以下かつ  $20\text{mm}$  以下、短期（積雪時） $1/225$  以下、長期積雪時  $1/300$  以下で、その他、屋根等に用いる横架材については、長期（常時） $1/200$  以下、短期（積雪時） $1/150$  以下、長期積雪時  $1/200$  以下が推奨されている（いずれも変形増大数は 2 として、積雪時は計算する場合には 1 とする）。

「枠組壁工法建築物構造計算指針」（株式会社工業調査会）では、床の構造、床根太等の横架材の長期荷重によるたわみは、スパンの  $1/300$  以下となるようにしなければならない。また、床の振動によって建築物の支障が起こらないことを確かめなければならない。床根太の長期荷重によるたわみの制限はスパンの  $1/300$  以下としているが、これは  $1/300$  以下を満足していれば従来大きな障害を生じていないためであり、スパンが大きな場合には、たわみの絶対値についても問題が生じないか検討する必要があるとされている。小屋及び屋根を構成する構造部材の長期荷重によるたわみは、スパンの  $1/200$  以下とされている。また、告示 1459 号についても確認すると定められている。

「木質構造設計規準・同解説 許容応力度・許容耐力設計法」（日本建築学会）では、梁の類は、初期変形における最大たわみがスパンの  $1/300$  以下かつ振動障害のないこととされ、クリープ変形後の最大たわみが  $1/300$  以下とされている。またクリープ変形係数 ( $C_{cp}$ ) は耐用年数に応じて、常時荷重又は年間積雪日数ごとの積雪荷重をパラメーターとして詳細に求めることになっている。（例： $\delta = 1 + 0.2 \cdot t^{0.2}$  の場合、常時荷重で  $C_{cp} = 1.90 \sim 2.63$ （経過年数 5～100）、積雪日数 90 日として  $C_{cp} = 1.56 \sim 1.75$ （経過年数 5～100））

## ③構造耐力上主要な部分である継手又は仕口の規制

同法施行令第 47 条に、構造耐力上主要な部分である継手又は仕口は、ボルト締、かすがい打、込み栓打その他の国土交通大臣が定める構造方法によりその部分の存在応力を伝えるように緊結しなければならないとある。また平 12 年建告 1460 号には、仕様規定が詳細に定められているが、施行令第 82 条第一号から第三号までに定める構造計算（許容応力度設計）によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合には、この仕様規定に縛られることなく設計ができる。

## (2) 既往文献調査

### 1) トラス類に係る道総研の知見

木造トラス等は、北方建築総合研究所および林産試験場において、過去にいくつかの研究が行われた。それらの研究は、当時、人工林から産出されるカラマツ等の原木のほとんどが中小径材のため、長スパンに対応するには木造トラスを組まなければならなかったことが背景にある。近年では、産出される原木の径が大きくなるとともに、集成材の製造技術の発展および JAS 等の規格の整理により、道産木材を集成材に使用しやすくなった。そのため、近年では大スパン架構への対応は大断面集成材を使うことが主流になっており、道総研の研究内容も構造用集成材の高品質化や構造用集成材の接合部について行われている。さらに最近では新たな構造部材である CLT に係る研究開発が全国的に行われており、林産試験場では道産カラマツおよびトドマツを用いた CLT の強度試験や接合技術等の研究が行われている。

以下に、道総研において、過去に行われたトラス類に係る研究事例の概要を紹介する。

#### ①軽量トラス

昭和 44 年(1969 年)から、木造住宅工法の合理化と小径材の有効利用を目指して実用設計を行った。初期は洋小屋タイプ(部材断面 60×120mm)を研究対象とし、その後、枠組壁工法住宅のオープン化(昭和 49 年)に向けて 204 材(部材断面 38×89mm)を用いる軽量トラスについての研究が行われた。トラスの接合方法は、①合板ガセット釘打ち、②合板ガセット釘打ち接着、③ネイルプレート工法を取り上げ、短期・長期の強度試験を行った。成果の実証例としては、厚岸林務署庁舎の屋根トラス(スパン 9.1m とスパン 10.9m)がある。

昭和 57 年(1982 年)からは、一般住宅の無落雪屋根用トラスの開発に着手し、設計手法を確立した。昭和 59 年(1984 年)には、トラスの設計、製造マニュアルを作成し、工務店への技術指導を開始した。

平成 22 年(2010 年)からは、受託研究において、トドマツを木造トラスに活用するために、枠組壁工法用製材としてのトドマツの強度性能やメタルプレートコネクターを用いた接合部の強度性能を評価した。

#### ②ラチス梁

昭和 54 年(1979 年)に、カラマツ間伐材(末口径 90~120mm)を利用した新しい構造部材の開発を目的に、「カラマツラチス梁」の研究を始めた。大径木から得られる大断面の大梁材と同程度の性能を目標に、生産技術、強度性能、構造設計等について実験・検討を行った結果、長尺、軽量の横架材であるラチス梁が完成した。

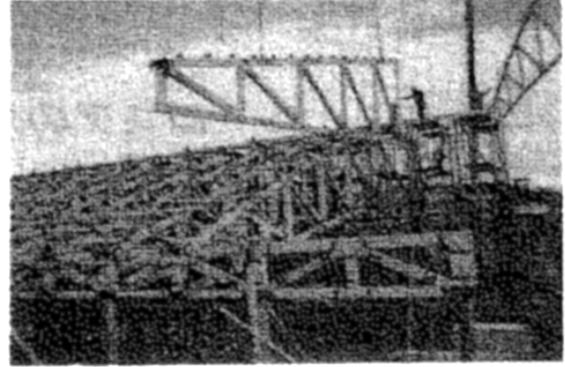
最終的に仕様等を整理した接着ラチス梁は昭和 59 年(1984 年)、小樽市で開催された「'84 小樽博」のサブテーマ館「小樽コネクション館」の主構造部材(長さ 12m)に採用され、軽量で、建築工費が安く、優れた意匠効果を発揮する、ユニークな構造材料として高い評価を得た。

表 3-5 道総研における過去の研究事例

研究対象	研究期間	構成部材(一例)	形式	スパン
軽量トラス	昭和51~60年 (1976~1985)	38~60×89~140mm(住宅) 50~60×100~120mm(事務所)	トラス	3.64~8.19m(住宅) 9.1~13.5m(工場,事務所)
ラチス梁	昭和53~59年 (1978~1984)	上弦材 60×80mm 下弦材 60×80mm 腹材 30×80mm	ラチス	長さ12m ( '84小樽博サブテーマ館)

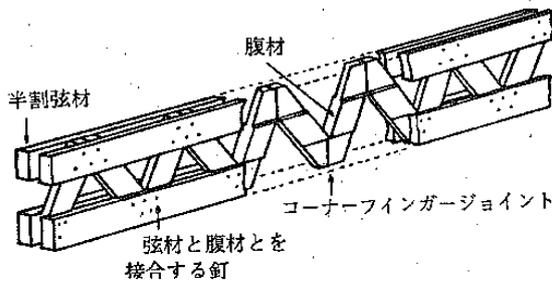


無落雪屋根への利用例

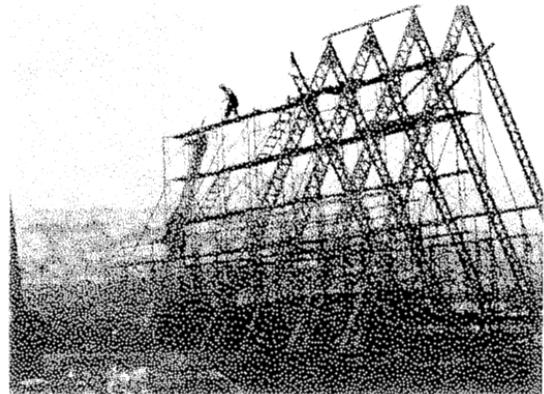


木材加工工場への利用例

図 3-1 軽量トラスの構造と施工例



ラチス梁の外観



'84 小樽博サブテーマ館の建て上げ状況

図 3-2 ラチス梁の構造と施工例

### ③その他

- ・現在の主流としては、大スパンには大断面集成材を使用している。
- ・トラスは高さが必要なため、床梁としての使用が難しい。
- ・乾燥品質、効率化のため、トラスには半割材や 204 材が用いられることが多い。

### 2) 近年の建築学会等での知見

近年、木質材料は耐火構造の開発と併せて「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」の施行によって中大規模の木造建築物の需要が高まっている。

木質材料は、ヤング係数が小さいため同条件で鉄骨材料と比較すると梁せいが大きくなるか、スパンの短い設計になる傾向がある。中大規模の木造建築物のスパンは、従来の木造建築物より大きくなるが、従来の製材では大断面が確保できないため、ほとんどの建築物で大断面集成材や重ね梁及びトラス架構が採用されている。特にトラス架構は、地元で製材可能な住宅流通材を組み合わせることで大スパンを飛ばすためには有効な手段である。

以下に、近年行われたトラス類に関して、下記に示す研究事例がある。

- ・長島らによる研究<sup>8)</sup>

トラス架構の実大モデルによる載荷試験・クリープ実験を実施した結果、たわみの初期剛性が接合部をピン接合とした弾性解析の 56%程度であり、接合部にバネを設定した解析が必要とした。

- ・角田らによる研究<sup>9)</sup>

実大木造トラスを対象に長期載荷試験で、接合部変形の影響を考慮したトラスモデルの適用によ

り、初期変形を概ね評価でききることを示した。

・田尾らによる研究<sup>10)</sup>

洋小屋トラス架構の実大加力試験を実施し性能検証を行った結果、破壊形状には、材内部の材質のばらつきなどの木材特有のものと、製材の乾燥過程で生じたものが複合連動トラスの破壊性状に大きな影響を与えているとした。

・小原らによる研究<sup>11)</sup>

木造トラスの実大曲げ試験結果と接合部の耐力、剛性を評価するため構造性能試験の結果をもとにした解析モデルとのたわみが概ね一致することを確認した。

・稲山らによる研究<sup>12)</sup>

住宅流通材を組み合わせ大スパンを飛ばすための住宅用プレカット加工機の標準ラインで加工可能な接合部形式を開発し、プラットトラス形式の平行弦トラスの設計標準を作成するための実大実験を行った。各接合部における破壊性状を明らかにして理論式によって、初期剛性を算出して接合部のバネ剛性を入力した解析モデルで鉛直たわみを精度よく推定することができた。しかし一部の材でドリフトピンのめり込み剛性についてさらなる検討が必要とした。

・田尾らによる研究<sup>13)</sup>

住宅流通材のスギ製材と下弦材に集成材を使用した実大トラス試験による鉛直方向載荷試験を行い、下弦材の製材を集成材に代えることで脆性的な破壊を回避し最大荷重の上昇ができるとした。

いずれの研究も、設計時に必要なバネモデルの明快で簡略的な設計法を確立するには至っていない。また、北海道のような多雪地域におけるトラス材に使用する住宅流通材のスパンや部材サイズおよび接合部の標準化に関する研究がほとんどないのが現状である。

### (3) 建築技術検討

先述のヒアリングおよびアンケート調査結果より、中大規模建築物での道産木材の利活用が進まない背景には、経験豊富な木造設計技術者が不足している点が挙げられる。木造設計の経験の不足が、手間やクレームを理由に中大規模木造建築の提案を避けることになり、結果として経験不足が助長されるという悪循環が生じていると推察される。また、大スパンを木造で確保するためには、大断面の梁材を用いる必要性が高くなるが、大径の原木の不足や大規模集成材を製造できる製材所が限られるなど、供給面での課題も大きい。そこで、本節では地域材及び地域生産による設計・施工が可能となる建築構法の可能性を検討することとし、具体の提案に結び付けることを目的とする。

#### 1) 構造部位を対象とした検討

道産材の利活用を推進するためには、安定的に道産材が建材として生産され、供給されなければならない。しかし、現状で流通量が少ない道産建材に対して、物件ごと・部位ごとに異なる部材寸法を用いると生産コストが高くなり、結果として建設費の増加につながってしまう。そこで、中大規模建築における大スパンの要求に対応しつつ、部材寸法をある程度集約化することで生産の効率化を図ることが有効と考えられる。また、住宅等の比較的規模の小さい建築物に対しても道産材の利活用を更に進めるためには、非木造構造部位の木造化を図る必要がある。

以上の考察を踏まえ、本研究では下記の2点を検討課題として取り組んだ。

- ① 木造軸組のモジュール化による梁断面寸法の集約化
- ② 正角材を用いたトラス構造の開発による部材断面寸法の統一化

なお、近年はCLT（Cross Laminated Timber 直交積層板）による木材利活用が国等の施策により積極的に推進されており、この新たな建材の活用方法を検討することで、道産木材の利活用を進めることも重要と考えられる。

しかしながら現段階では、基準強度が定められた段階にすぎず、一般的な設計法が定められていないため、本研究では検討対象としないこととした。

#### 2) 非構造部位を対象とした検討

非構造部材での適用を考えた際、内外装材等の仕上げ材、木製サッシ等への適用が考えられるが、これは建材、建具単位での開発、検討となるため、本研究では対象としない。

本研究では、内外装材等の仕上げ材、木製サッシ等以外の非構造部材として、構造躯体に取り付ける非構造部材（カーテンウォール）を検討対象とする。カーテンウォールには、開口部として用いられるものと外壁として用いられるものの2つに大別されるため、それぞれについて、適用可能性を検討した。

- ① 高断熱木質カーテンウォールの開発
- ② 木質ダブルスキンによる開口部の熱的性能の向上

## [参考文献]

- 1) 2016 図解建築法規、国土交通省住宅局建築指導課編集、新日本法規出版、名古屋、2016年3月
- 2) 図解木造住宅・建築物の防・耐火設計の手引き、木造住宅・建築物の防・耐火設計編集委員会編集、公益財団法人日本住宅・木材技術センター企画・発行、東京、2016年11月
- 3) 建築基準法
- 4) 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書 編集 一般財団法人建築行政情報センター、一般財団法人日本建築防災協会
- 5) 木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年版）（（財）日本住宅・木造技術センター
- 6) 枠組壁工法建築物構造計算指針 株式会社工業調査会
- 7) 木質構造設計規準・同解説 許容応力度・許容耐力設計法 日本建築学
- 8) 長島 泰介、景井 宏樹、大橋 好光：平行弦トラスによる大スパン架構の開発 その1 その2 日本建築学会大会梗概集（北海道）構造Ⅲ pp.605-608 2013年8月
- 9) 角田 祐介、山崎 義弘、坂田 弘安、藤代 東：長期荷重下における木造トラスの変形挙動に関する研究 日本建築学会大会梗概集（関東）構造Ⅲ pp.399-400 2015年9月
- 10) 田尾 玄秀、山口 駿人、稲山 正弘、藤田 和彦：スギ製材を用いた屋根トラス架構の12m スパン実大試験体による実験的研究 日本建築学会大会梗概集（近畿）構造Ⅲ pp.545-546 2014年9月
- 11) 小原 勝彦、安藤 充紀、福本 満夫、梅田 弾平、田端 勝、河本 和義：木質構造設計システムの構築に関する基礎的研究 その1 3～15 日本建築学会大会梗概集（近畿）構造Ⅲ PP547-589 2014年9月
- 12) 稲山 正弘、佐々木 賢太、田尾 玄秀、河原 大、青木 謙治、大野 英克、亀山 雄揮、大塚 紘平：住宅流通材とプレカットによる平行弦トラスに関する開発 その1とその2 日本建築学会大会梗概集（九州）構造Ⅲ pp.363-366 2016年8月
- 13) 田尾 玄秀、佐々木 賢太、河原 大、稲山 正弘、藤田 和彦：住宅流通材とプレカットによるキングポストトラス等の実験的研究 日本建築学会大会梗概集（九州）構造Ⅲ pp.367-368 2016年8月
- 14) 平成27年度林野庁委託事業（CLT等新たな製品・技術の開発・普及事業）「CLT住性能向上研究開発事業報告書」平成28年3月、特定非営利活動法人 建築技術支援協会

## 4. 構造部位を対象とした検討

### (1) モジュール案の提案

木造建築の構造設計では、梁等の横架材の断面寸法は、梁スパンと梁間隔、支えるべき荷重より決まる。また北海道のような多雪地域では、積雪荷重への対応が求められるため、同じ規模、用途の建築物であっても建築する場所によって、建築物が支える荷重が異なる。

ここでは、北海道にて地域材を用いた木造建築の構造設計を行う上で、構造設計者の一助と為すことを目的に、道内で地域材として一般的に流通しているカラマツ集成材およびトドマツ集成材を用いて、軸組造の木造建築物を建築する場合に、最大スパン長 3,640mm (2 間スパン:住宅用途向け)、5,460mm (3 間スパン:非住宅用途向け)、7,280mm (4 間スパン:非住宅用途向け) それぞれを確保できる構造上合理的な構法を提案する。そして建築される場所(市町村)の積雪荷重と建物用途(固定+積載荷重)ごとに、必要な梁、大梁、中柱の断面寸法を求めて体系化する。これらをまとめてモジュール案として提案する。

なお、本研究で提案されるモジュール案を用いて構造計算をしない場合には、必ず特定行政庁等の関係機関との協議のうえ指示に従うこと。

表 4-1 北海道市町村の積雪荷重一覧

60cm	日高	日高町(旧門別町)	門別町	新冠町	新ひだか町	浦河町	様似町	えりも町
	渡島	函館市	鹿部町	森町(旧砂原町)				
70cm	胆振	室蘭市	苫小牧市	登別市	伊達市(旧大滝村以外)	白老町	むかわ町(旧鶴川町)	
	日高	平取町						
80cm	釧路	釧路市(旧音別町・旧阿寒町以外)		釧路町	厚岸町	浜中町		
	根室	根室市						
90cm	石狩	千歳市						
	胆振	洞爺湖町(旧虻田町)	壮瞥町	厚真町				
100cm	十勝	本別町	足寄町					
	釧路	白糠町						
110cm	石狩	東庭市						
	渡島	北斗市	松前町	福島町	知内町	木古内町	七飯町	森町(旧森町)
120cm	渡島	八雲町(旧熊石町)						
	檜山	江差町	上ノ国町	厚沢部町	乙部町	せたな町(旧大成町)		
130cm	胆振	安平町	むかわ町(旧穂別町)					
	釧路	釧路市(旧音別町)						
140cm	オホーツク	北見市	網走市	紋別市	大空町	美幌町	津別町	斜里町
	小清水町	訓子府町		置戸町	佐呂間町	湧別町		清里町
150cm	十勝	池田町	豊頃町	陸別町	清幌町			
	釧路	釧路市(旧阿寒町)		標茶町	弟子屈町	鶴居村		
160cm	根室	別海町	中標津町	標津町	羅臼町			
	渡島	八雲町(旧八雲町)		長万部町				
170cm	檜山	せたな町(旧大成町以外)						
	空知	由仁町	栗山町					
180cm	宗谷	猿払村						
	十勝	幕別町(旧忠類村以外)						
190cm	空知	芦別市						
	オホーツク	遠軽町(旧生田原町)	興部町	雄武町				
200cm	十勝	士幌町	上士幌町	鹿追町				
	檜山	奥尻町	今金町					
210cm	後志	島牧村	寿都町					
	空知	岩見沢市(旧栗沢町)	南幌町	長沼町				
220cm	上川	旭川市(江丹別(春日・嵐山除く)以外)			富良野市	鷹栖町	東神楽町	当麻町
	比布町	東川町	美瑛町	上富良野町	中富良野町	南富良野町	和寒町	剣淵町
230cm	留萌	初山別村	遠別町	天塩町				
	宗谷	稚内市	幌延町	浜頓別町	豊富町	礼文町		
240cm	オホーツク	遠軽町(旧生田原町以外)	達上町	西興部村				
	胆振	伊達市(旧大滝村(字優徳町・字昭園・字北湯沢町))		豊浦町	洞爺湖町(旧虻田町以外)			
250cm	日高	日高町(旧門別町以外)						
	十勝	帯広市	音更町	新得町	清水町	芽室町	東別村	森別町(旧忠類村)
260cm	石狩	札幌市(南区一部以外)	江別市	北広島市	石狩市(旧浜益村以外)	当別町		新篠津村
	後志	共和町						
270cm	上川	士別市(旧朝日町以外)		名寄市				
	留萌	苫前町	羽幌町					
280cm	宗谷	枝幸町(旧歌登町以外)						
	石狩	石狩市(旧浜益村)						
290cm	後志	小樽市	上治村	神恵内村	積丹町	古平町	仁木町	余市町
	空知	夕張市(清水沢他)						
300cm	上川	士別市(旧朝日町)	愛別町	上川町	下川町			
	留萌	留萌市	増毛町	小平町				
310cm	宗谷	利尻町	利尻富士町					
	十勝	中札内村	大樹町	広尾町				
320cm	空知	岩見沢市(旧栗沢町以外)			美瑛市	赤平市	三笠市	滝川市
	空知	歌志内市	深川市(多度志以外)		奈井江町	上砂川町	月形町	砂川市
330cm	空知	妹背牛町	株別町	雨竜町	北竜町			新十津川町
	空知	夕張市(清水沢他以外)						
340cm	上川	占冠村	中川町					
	胆振	伊達市(旧大滝村(字優徳町・字昭園・字北湯沢町除く))						
350cm	後志	黒松内町	蘭越町					
	上川	美深町						
360cm	宗谷	中頓別町	枝幸町(旧歌登町)					
	石狩	札幌市(南区一部以外)						
370cm	上川	旭川市(江丹別(春日・嵐山除く))						
	後志	赤井川村						
380cm	空知	深川市(多度志他)	沼田町					
	上川	音威子府村						
390cm	後志	二セコ町	真狩村	留寿都村	喜茂別町	京極町	倶知安町	
	上川	幌加内町						

## 1) 条件の設定

### ①木材（集成材）の材種

カラマツ集成材は、日本農業規格（JAS）に示される集成材の中の「対象異等級構成集成材，機械強度区分 E95-F270」に、トドマツ集成材は、日本農業規格（JAS）に示される集成材の中の「対象異等級構成集成材，機械強度区分 E75-F240」を用いることとした。

### ②荷重の設定

固定荷重は、小屋梁に対し屋根および小屋組の荷重として 600 N/m<sup>2</sup>、床梁に対し床および天井、野縁の荷重として 450 N/m<sup>2</sup> と設定した。

積雪荷重は、建築基準法施行令 86 条および北海道建築条例に従い、市町村ごとに設定された積雪深（表 4-1）に 30 N/m<sup>2</sup> を乗じた値に、屋根勾配なしの条件下での長期荷重としてさらに 0.7 を乗じた。

積載荷重は、建築基準法施行令第 85 条に従い、居室 1,300 N/m<sup>2</sup>、事務室 1,800 N/m<sup>2</sup>、教室 2,100 N/m<sup>2</sup>、店舗 2,400 N/m<sup>2</sup>、集会室 3,200 N/m<sup>2</sup> とした。なお本章で記載される建物用途は、この積載荷重の種類に対応させた表記としている。

### ③横架材（床梁、小屋梁）の閾値、断面寸法の算定方法

横架材（床梁、小屋梁）へ流れる荷重は、小屋梁に対し 910mm ごとに設置した束による集中荷重にて、床梁に対し等分布荷重にて伝達すると仮定して、横架材（床梁、小屋梁）における応力度が、曲げ応力度、せん断応力度が許容応力度以下であることを確認した。その上で、クリープ係数を 2 とし、クリープ込の撓み量  $2\delta$  に対し、撓み量の許容値を次の通り設定して、この撓み量を超えないように、梁断面の高さ寸法を決めている。

小屋梁 :  $2\delta \leq \ell/200(\text{mm})$  ( $\ell$ : スパン長)

床梁 :  $2\delta \leq \ell/250(\text{mm})$  ( $\ell$ : スパン長) ※建築基準法関係告示（平成 12 年第 1459 号）に準拠

### ④中柱の閾値、断面寸法の算定方法

梁、大梁からの荷重の流れを考えると、大梁を受ける中柱が最も大きな荷重を受ける。そこで中柱に対しては、建築基準法関係告示（平成 12 年第 1349 号）に基づき、座屈長さを求めて、座屈荷重および材のめり込みに対する許容圧縮応力度以下であることを確認した。

なお、中柱の断面寸法は、柱の弱軸方向（3,640mm スパン：梁方向、5,460mm スパン：大梁方向、7,280mm スパン：大梁方向）に対しては、下地材等で拘束されて個材の座屈は発生しないとして、柱の強軸方向（3,640mm スパン：大梁方向、5,460mm スパン：梁方向、7,280mm スパン：梁方向）に対し、座屈長さを 3m とし、座屈荷重および材のめり込みに対する許容圧縮応力度以下となるように決めている。

また今回の検討では、柱・梁に用いるカラマツ集成材、トドマツ集成材の幅寸法（短辺方向の寸法）はともに、すべて 105mm に統一して検討した。

なお、許容応力度計算を行わずに構造設計する場合には、建築基準法施行令第 43 条に基づき、次の 2 点の制約を受けるので注意されたい。

- ・ 柱の長さ（横架材間距離）は 2,940mm を超えてはいけない  
理由：柱の小径（短辺方向の寸法）を、横架材間距の 28 分の 1 以内にする必要があるため。
- ・ 3 階建には適用できない。  
理由：3 階建の場合、1 階の柱の小径が 13.5cm を下回ってはならないため。

## 2) 最大 3,640 mm のスパン長に対応したモジュール案

住宅用途向けに最大スパン長 3,640mm を確保できる構造上合理的な構法、モジュール案を検討した。

住宅用途を考えた際、住戸プランの設計自由度を高く確保するためには、梁方向、大梁方向ともにスパン長 3,640mm となる「田の字」プランは構造上も合理的で、大変有効な構法であると考えられる。

そこで、この「田の字」プランを想定して検討を進めた。しかし中柱が 1 本だけでは、大梁および中柱に係る荷重負担が大きく、とくに中柱の断面寸法が不釣合いに大きくなった。そこで中柱に添え柱を配して、大梁のスパン長を小さくするとともに、中柱へ流れる荷重の分散を図るため、図 4-1 に

示す構法プランを採用した。そして、積雪荷重ごとに、必要な梁、大梁、中柱の断面寸法を求めると表 4-2 になる。

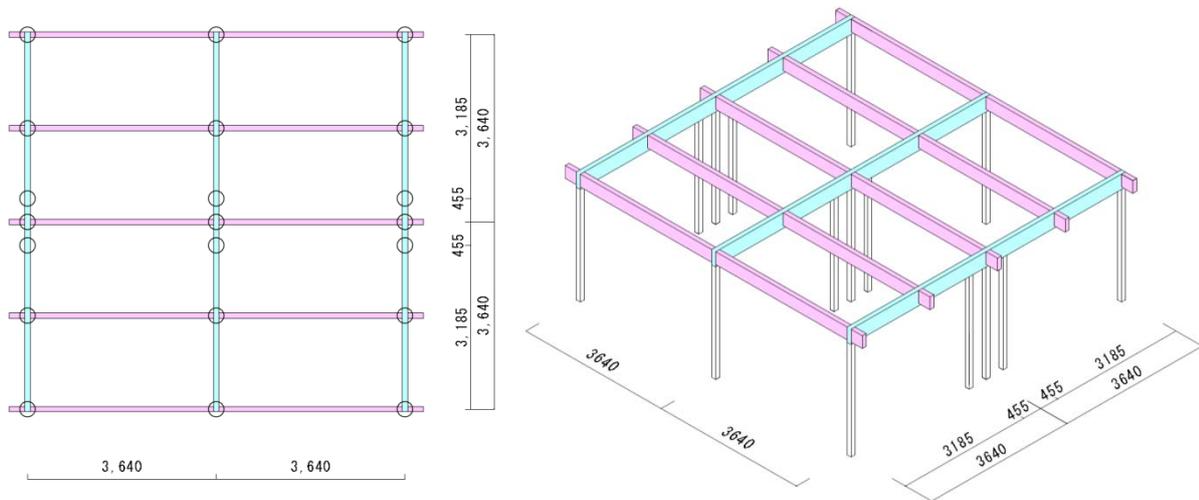


図 4-1 3,640mm のスパン長に対応した構法プラン

表 4-2 3,640mm スパンのモジュール案 用途：集合住宅・居室 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @1,820 mm	小屋 大梁高 @3,640 mm+添柱	床 梁高 @1,820 mm	床 大梁高 @3,640 mm+添柱	中柱 (添柱) 最上階	中柱 (添柱) 上 2 階目	中柱 (添柱) 上 3 階目
60-90	240	270	240	270	105(105)	105(105)	120(105)
100-150	270	300				120(105)	135(120)
150-180	300	330				120(105)	150(120)
190-210	330	360			120(120)	120(120)	150(120)
230-250		390			120(120)	120(120)	150(120)
60-70	240	270	270	300	105(105)	120(105)	120(105)
80-110	270	300				120(105)	135(120)
120-160	300	330				120(105)	150(120)
170-230	330	390			120(105)	180(120)	
250	360	420			120(120)	210(120)	

### 3) 最大 5,460mm のスパン長に対応したモジュール案

住宅用途向けのみならず、非住宅用途への利用を想定して、最大スパン長 5,460 mm を確保できる構造上合理的な構法、モジュール案を検討した。

スパン長が 5,460 mm になると、荷重負担面積が大きくなるため、梁間隔を 910 mm 間隔とした。梁を受ける柱が 910 mm 間隔で並んで配置できる場合は、大梁は荷重負担をしないため、105 mm の正角材を頭つなぎ材として用いることができる。柱間隔が 1,820 mm (910 mm×2) より大きくなると、梁を大梁で受けるため、大梁材の断面寸法を大きくする必要がある。柱間隔を 1,820 mm, 2,730 mm の場合、大梁方向のスパン長は小さく構造耐力的には余剰となるが、梁、大梁の主従関係を明確にするため、大梁材は梁材より梁高さが 30 mm 大きい材とした。

しかし大梁のスパン長 2,730 mm の場合、中柱の断面寸法が不釣合いに大きくなる。すでに梁間隔も小さく中柱に添え柱を配することもできないため、大梁のスパン長 (柱間隔) は最大で 1,820 mm とした。以上の検討より、図 4-2 に示す構法プランを採用した。そして、建物用途および積雪荷重ごとに、必要な梁、大梁、中柱の断面寸法を求めると表 4-3～表 4-7 になる。

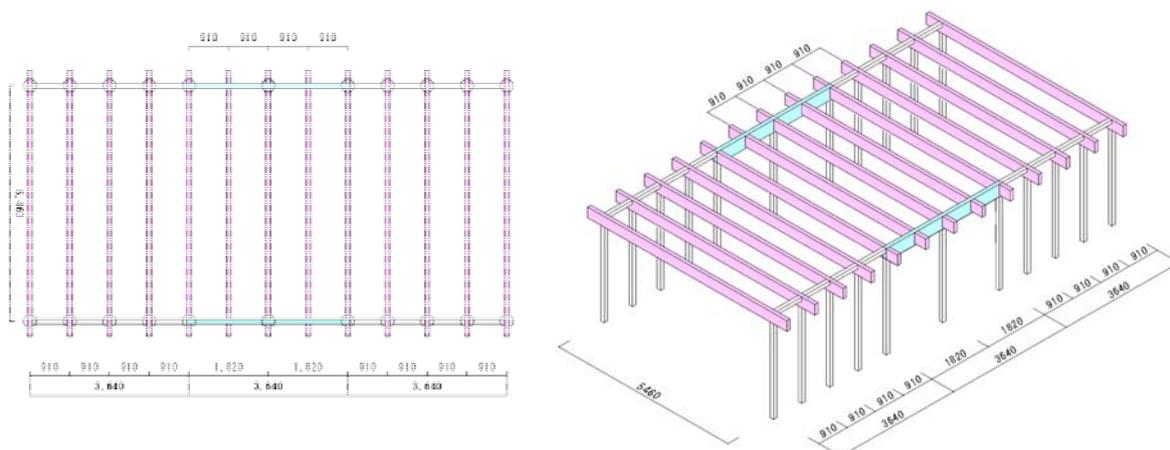


図 4-2 5,460 mm のスパン長に対応した構法プラン

表 4-3 5,460 mm スパンのモジュール案① 用途：集合住宅・居室 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @910 mm	小屋 大梁高 @1,820 mm	床 梁高 @910 mm	床 大梁高 @1,820 mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-70	270	300	300	330	105	120	135
80-110	300	330			120		
120-160	330	360			135	180	210
170-210	360	390			150	240	
210-250	390	420					
60-80	300	330	300	330	120	120	180
90-120	330	360			135	150	210
130-160	360	390			180	180	240
170-210	390	420			210	210	270
210-250	420	450			240	240	300

表 4-4 5,460 mm スパンのモジュール案② 用途：事務所 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @910 mm	小屋 大梁高 @1,820 mm	床 梁高 @910 mm	床 大梁高 @1,820mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-70	270	300	300	330	105	120	180
80-110	300	330			120		
120-160	330	360			135	150	210
170-210	360	390			180	180	240
210-250	390	420			210	210	270
60-80	300	330	330	360	120	135	210
90-120	330	360			135	150	240
130-160	360	390			180	210	270
170-210	390	420			210	240	300
210-250	420	450			270	270	330

表 4-5 5,460 mm スパンのモジュール案③ 用途：教室等 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @910 mm	小屋 大梁高 @1,820 mm	床 梁高 @910 mm	床 大梁高 @1,820 mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-70	270	300	330	360	105	120	180
80-110	300	330			120	135	210
120-160	330	360			180	240	
170-210	360	390			135	270	
210-250	390	420			150	270	
60-80	300	330	360	390	120	150	240
90-120	330	360			180	270	
130-160	360	390			135	300	
170-210	390	420			180	330	
210-250	420	450			210	360	

表 4-6 5,460 mm スパンのモジュール案④ 用途：店舗 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @910 mm	小屋 大梁高 @1,820mm	床 梁高 @910 mm	床 大梁高 @1,820 mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-70	270	300	330	360	105	120	210
80-110	300	330			120	135	240
120-160	330	360			180	270	
170-210	360	390			135	300	
210-250	390	420			150	300	
60-80	300	330	360	390	120	150	270
90-120	330	360			180	300	
130-160	360	390			135	360	
170-210	390	420			180	390	
210-250	420	450			210	390	

表 4-7 5,460 mm スパンのモジュール案⑤ 用途：集会室 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 @910 mm	小屋 大梁高 @1,820 mm	床 梁高 @910 mm	床 大梁高 @1,820mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-70	270	300	360	390	105	135	240
80-110	300	330			120	180	270
120-160	330	360			135	210	300
170-210	360	390			150	240	
210-250	390	420			120	180	300
60-80	300	330	390	420	120	180	300
90-120	330	360			210	330	
130-160	360	390			135	360	
170-210	390	420			180	390	
210-250	420	450			210	420	

#### 4) 最大 7,280 mm のスパン長に対応したモジュール案

住宅用途・非住宅用途に対して、さらにスパン長を大きく取るため、最大スパン長 7,280 mm を確保できる構造上合理的な構法、モジュール案を検討した。

スパン長さが 7,280 mm となると、さらに荷重負担面積が大きくなるため、梁間隔を 455 mm 間隔とした。梁を受ける柱が 455 mm 間隔で並んで配置できる場合は、105 mm の正角材を頭つなぎ材として用いるとし、柱間隔が 910 mm (455 mm×2) より大きく大梁で梁を受ける場合は、大梁材の断面寸法を大きくする。大梁方向のスパン長は小さく構造耐力的には余剰となるが梁、大梁の主従関係を明確にするため、大梁材は梁材より梁高さが 30 mm 大きい材とした。

しかし大梁のスパン長 1,820 mm となると、中柱の断面寸法が不釣合いに大きくなる。すでに梁間隔も小さく中柱に添え柱を配せないため、大梁のスパン長 (柱間隔) は最大で 910 mm とした。

以上の検討より、図 4-3 に示す構法プランを採用した。そして、建物用途および積雪荷重ごとに、必要な梁、大梁、中柱の断面寸法を求めると表 4-8～表 4-12 になる。

スパン長さが 7,280 mm となると、必要な梁断面も大きくなり、かつ梁間隔が 455mm 間隔、大梁の最大スパン長も 910 mm となるため、必要な木材の材積が級数的に増加して、軸組造での実現性が乏しくなる。従って、地域材を用いてスパン長 7,280 mm 以上を実現するためには、軸組造でははい新たな構造形式が必要となる。

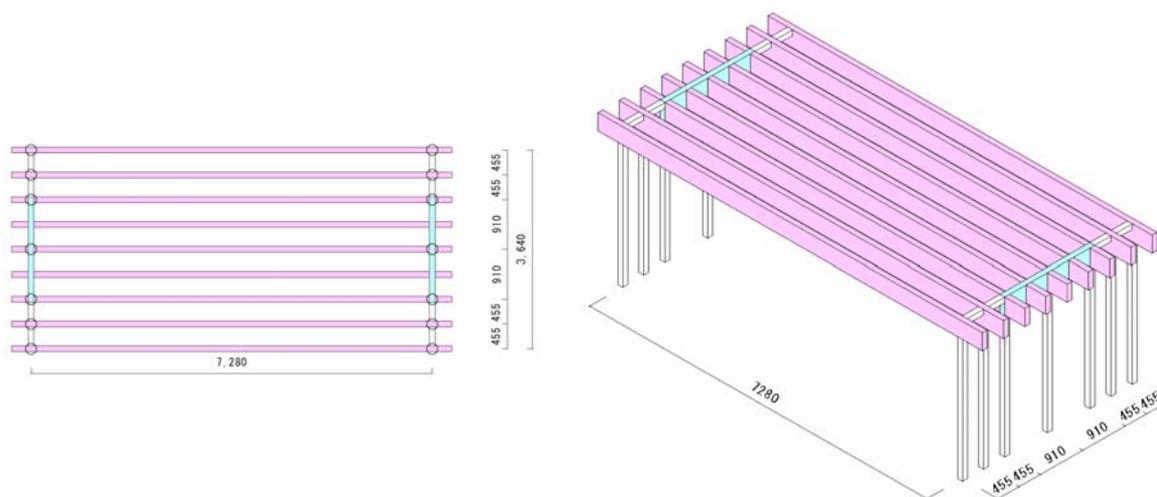


図 4-3 7,280 mm のスパン長に対応した構法プラン

表 4-8 7,280 mm スパンのモジュール案① 用途：集合住宅・居室 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105mm)		
	小屋 梁高 455mm	小屋 大梁高 910mm	床 梁高 @455mm	床 大梁高 @910mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-80	300	330	300	330	105	105	120
90-120	330	360				120	135
130-170	360	390			120	135	150
170-230	390	420					
250	420	450					
60-90	330	330	330	360	105	135	
100-130	360	360				120	150
140-170	390	390			120	180	
180-210	420	420					
230-250	450	450					135

表 4-9 7, 280mm スパンのモジュール案② 用途：事務所

上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105mm)		
	小屋 梁高 455mm	小屋 大梁高 910mm	床 梁高 @455mm	床 大梁高 @910mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-80	300	330	330	360	105	105	120
90-120	330	360				120	135
130-170	360	390			120	135	180
170-230	390	420					
250	420	450					
60-90	330	330	360	390	105	120	150
100-130	360	360				120	135
140-170	390	390					
180-210	420	420					
230-250	450	450			135	180	240

表 4-10 7, 280mm スパンのモジュール案③ 用途：教室等

上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105mm)		
	小屋 梁高 455mm	小屋 大梁高 910mm	床 梁高 @455mm	床 大梁高 @910mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-80	300	330	330	360	105	120	135
90-120	330	360					120
130-170	360	390					
170-230	390	420					
250	420	450					
60-90	330	330	360	390	105	120	180
100-130	360	360					120
140-170	390	390					
180-210	420	420					
230-250	450	450			135	180	240

表 4-11 7, 280mm スパンのモジュール案④ 用途：店舗

上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105mm)		
	小屋 梁高 455mm	小屋 大梁高 910mm	床 梁高 @455mm	床 大梁高 @910mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-80	300	330	360	390	105	120	135
90-120	330	360					120
130-170	360	390					
170-230	390	420					
250	420	450					
60-90	330	330	390	420	105	120	180
100-130	360	360					120
140-170	390	390					
180-210	420	420					
230-250	450	450			135	180	270

表 4-12 7,280 mm スパンのモジュール案⑤ 用途：集会室 上段カラマツ材 / 下段トドマツ材

積雪深 (積雪荷重)	梁の高さ寸法 (mm) (梁幅 105 mm)				柱の長辺寸法 (mm) (短辺 105 mm)		
	小屋 梁高 455 mm	小屋 大梁高 910 mm	床 梁高 @455 mm	床 大梁高 @910 mm	中柱 最上階	中柱 上 2 階目	中柱 上 3 階目
60-80	300	330	390	420	105	120	180
90-120	330	360			120	135	210
130-170	360	390				150	240
170-230	390	420				180	240
250	420	450					
60-90	330	330	420	450	105	135	210
100-130	360	360			120	150	240
140-170	390	390				180	270
180-210	420	420					
230-250	450	450					
					135	210	300

## (2) 非住宅建築物に地域材を用いた主要構造部を適用する建築構法の提案

### 1) 地域材にて大スパンに対応するための問題点

非住宅建築物に地域材を用いるにあたり、大スパンに対応するための問題点について図 4-4 にまとめ、以下に地域材が使用できない、もしくは使用に際して地域材が不利となる要因を記す。

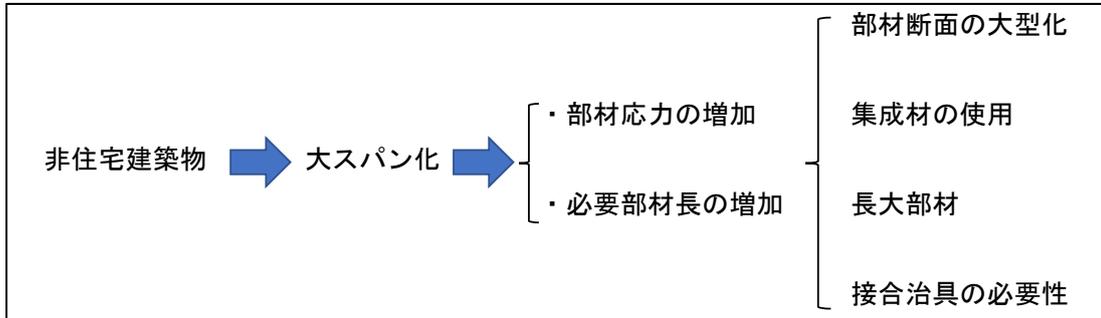


図 4-4 大スパン建築における問題点

#### ①部材断面の大型化

大スパン架構の構造部材には大きな応力が生じることとなり、その応力を負担するには部材断面は大きくせざるを得ない。しかし部材断面の大型化すると、原材料である木材も径が大きいものが必要となり、地域材を用いることが難しくなる面がある。また住宅用材を製造する工場が大断面材に対応することは、加工設備の面から困難な面がある。

#### ②集成材の使用

自然の原木では実現できない断面寸法の部材は、集成材を用いることで確保することができる。しかし、集成材の加工には高度な技術と設備を要するため、加工工場に限られる。地域材による集成材加工は、加工工場への輸送距離が長くなり、運送費によるコストアップにつながる場合が多い。

#### ③長大部材

大スパン架構では長尺の材料が必要となるが、伐採時に原木が切り揃えられてしまったり、加工設備や乾燥釜が長尺に対応していなかったりと、長尺材料が供給されない現状がある。

#### ④接合治具の必要性

木部材の接合は一般的には釘やビスなどが用いられており簡易に組立が可能である。しかし、大スパン架構では部材断面に作用する応力が大きく釘やビスでの接合だけでは困難な場合が多い。またラーメン架構のような構造形式では、柱梁接合部には大きな応力が作用しており、接合が困難である。接合には特許や認定を受けた治具の使用や構法を適用させなければならず、地域材の活用は難しい。

以上より、事例調査とアンケート調査の結果から大スパン建築における地域材活用の問題点への対応を検討すると、図 4-5 に整理される。

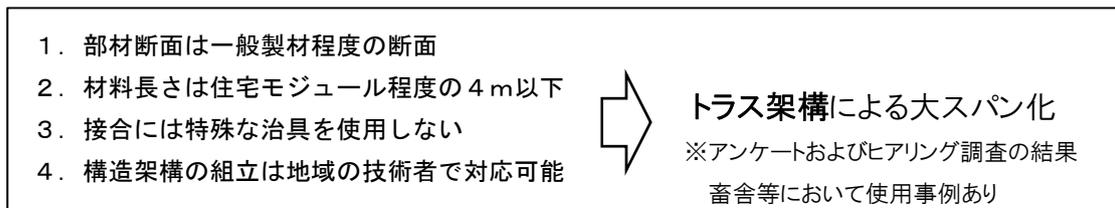


図 4-5 大スパン建築における問題点への対応

## 2) 構法の提案と比較

非住宅建築物に地域材を用いた建築構法について検討する。先述の検討を踏まえ、トラス架構による大スパン化への対応を、モデルプランにより検証し提案する。

トラス架構の特徴を以下に示す。

- ・柱を除いて作用する応力は軸力が主体の応力状態となる
- ・トラスのせい（高さ）は大きくなるが小部材の組立で大スパンが可能となる
- ・梁材に作用する曲げ応力は小さくすることが可能
- ・作用する応力は軸力が支配的となるため、接合部は比較的単純にできる

トラス架構は古くから使われている構造方法であり、特に新しい技術や考え方ではなく理論的にも衆知の構造方法である。トラス架構を活用することにより制約のある地域材をより活用することが可能となると考えている。

ここでは事例調査にあった畜舎等を対象モデルとして、2 パターンのトラス架構について検証する。地域材の使用を考慮し軒高さは木造住宅程度の 3.0m、スパン長は一般的な製材の材料長である 2 軒（3.6m）の倍長さである 7.2m として架構を検証した。建築の概要を図 4-6 に、解析用の構造架構モデルを図 4-7 に示す。検証の諸元は表 4-13 に示す条件により応力と変形状態を確認する。なお、概要図および架構モデルには表記していないが、架構の安定化のために方杖や水平部材を付加する。

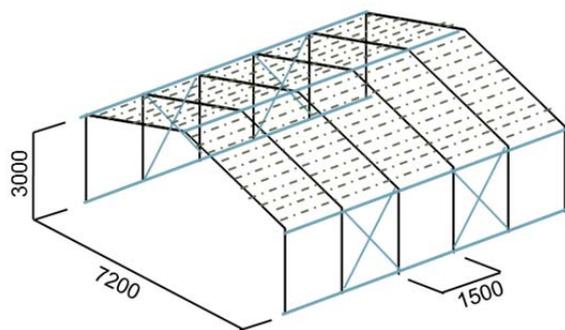


図 4-6 畜舎等建物の概要架構

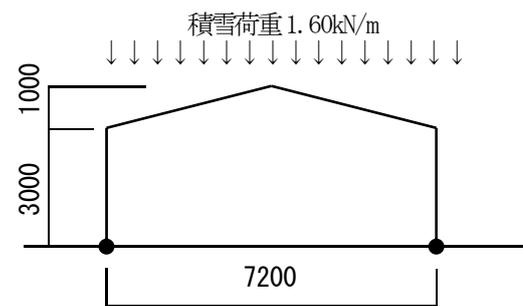


図 4-7 構造架構のモデル

表 4-13 モデル検証の諸元

軒高さ：3.0m（トラス高さ：1.0m）、	スパン長：7.2m	部材断面：120×120（全断面）
使用材料：カラマツ材（ $E=10.0\text{N/mm}^2$ 、 $G=0.67\text{N/mm}^2$ 、比重 5.0）		
作用荷重：積雪荷重を畜舎等基準に準拠し 1.60kN/m を屋根架構に加力		
パターン 1：全て木製材部材とし柱とトラスの接合部に方杖材を使用		
パターン 2：引張部材に丸鋼棒（25mm）を使用し木製材との接合には鋼プレートを使用		

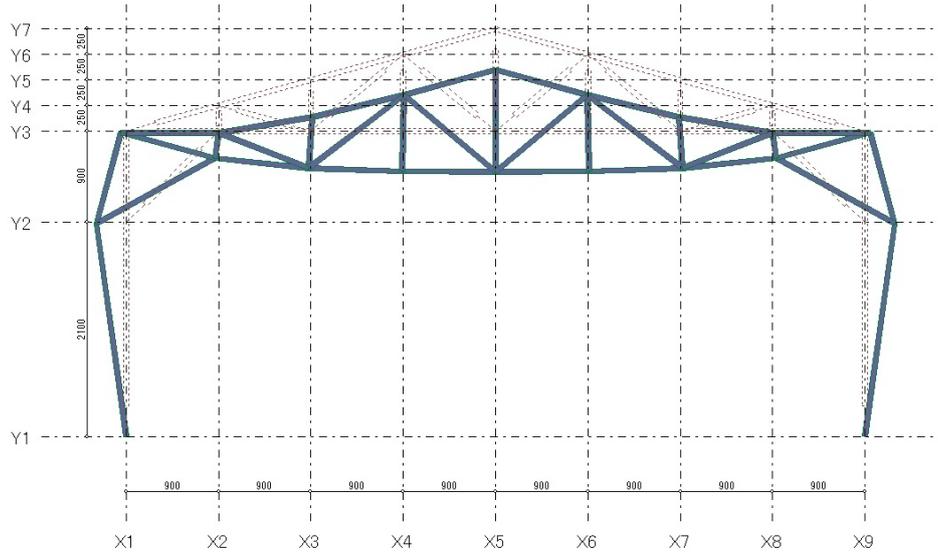


図 4-8 パターン 1 の変形性状

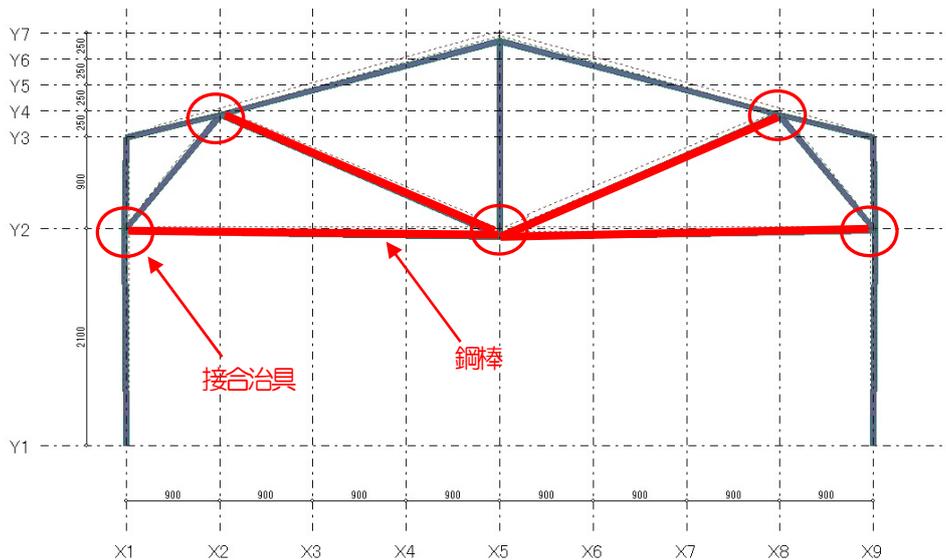


図 4-9 パターン 2 の変形性状

検証モデルにおいて部材個々の断面における詳細設計は省略する。トラス架構は、短い部材の組立により構成され軸力部材であるため断面の大型化を抑制することができる。トラス架構のパターンによる変形性状を図 4-8～9 に示すが、引張力が支配的に作用する部材を軽微な鋼材とすることにより、木部材断面は主に圧縮力部材に使用することができる上変形性状も良好となる。今後は単一の材料だけでなく、適所に鋼材を用いるなど併用構造によるトラス架構形式とすることで地域材の利用可能性が高くなると推察される。

## 5. 非構造部位を対象とした検討

本章では、非構造部位における木材利活用技術として、カーテンウォールの木質化の検討を行う。建物が高層になると上層階の外壁に係る風圧力は大きくなり、木質カーテンウォールでは水密性能、気密性能などの確保が課題になる他、メンテナンスを含む維持管理・劣化対策が困難となる。また、カーテンウォールは構造躯体の変形に追従する「層間変形追従性」を有するが、高層になると上層階では層間変形が大きくなり、カーテンウォールに要求される層間変形追従性も厳しくなる。このような理由から、本章で検討する木質カーテンウォールは低層建築を対象とすることとし、地域資源を活用して実現可能な提案を行うこととする。

### (1) 柱・梁に取り付ける木製壁

外壁になる建築外皮には、建築物の省エネルギー性能の観点から、高い断熱性が求められる。前章で検討した軸組造りモジュールや張弦梁トラス構造を用いた建築物においても、必ず高断熱外皮が必要となる。そこで本研究では、柱・梁で構成される構造躯体の外側に取り付ける高断熱外壁(図5-1)の木質化することを目指し、木製高断熱パネルを検討した。

#### 1) 木製高断熱パネルの基本構成

木製高断熱パネルでは、必要なパネル枠(角材)と面材(合板)にて、パネルの剛性を確保しながら、断熱材を配置して断熱性能を高める必要がある。

そのため、パネルの四周を木材(105mmの正角材)で組み、床に用いられる厚物合板(厚さ28mm)を構造用面材として両面に張りあわせる。その中に厚さ105mmの充てん断熱材を配置したパネルを木製断熱パネルとし、基本構成とした。しかし木製断熱パネル単体では、断熱性能が乏しいため、この木製断熱パネルを2つ重ねて二重構成にしたものを木製高断熱パネル1つのパネルとした(図5-1)。

#### 2) 留付け方法の検討

木製高断熱パネルを梁に取り付ける際には、非耐力壁(カーテンウォール)として梁へ留付ける方法が考えられる。この場合、木製高断熱パネルは、従来のパネル方式のカーテンウォールとしてスウェー方式やロッキング方式を採用して、層間変位に追従させる方法が考えられる(図5-2)。

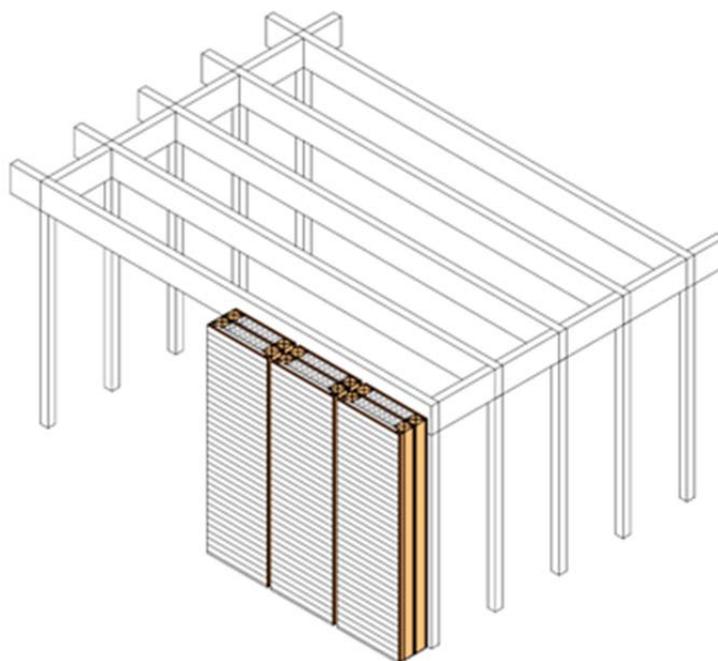


図5-1 柱・梁で構成される構造躯体の外側に取り付ける木製高断熱パネル(イメージ図)

また先進的な開発事例として、全国 LVL 協会が開発した LVL (単板積層材) を用いた「木層ウォール」<sup>1)</sup>がある。この「木層ウォール」では梁に L 字鋼材を介して取り付ける際に、L 字鋼材を「木層ウォール」で挟み込む形で、梁方向に密に配置させた引きボルトにより緊結させることで水平力に抵抗する方法がすでに商品化されている。木製高断熱パネルをこの「木層ウォール」と置換した形で、同じ留付け方式が実現できれば、木製高断熱パネルが水平力を負担する構造上の耐力壁として適用できる可能性がある (図 5-2)。

### 3) 実現に向けた課題

#### ① 防水機構 (防水層・目地部の水仕舞い等) の仕様確認

今回、木製高断熱パネルの壁体構成について検討したが、目地部等の詳細な納まりは検証していない。木質カーテンウォールの普及については、耐久性や耐候性、メンテナンスを含む維持管理・劣化対策への不安が根強い。防水層の破綻や水切りの悪さは躯体木材の腐れにも直結するため、防水機構 (防水層・目地部の水仕舞い等) の仕様を詳細に検討し、詰めておく必要がある。

#### ② 構造性能上の課題

水平力を負担する構造部材とする場合には、構造強度を確保するために必要なパネル枠 (角材) と面材 (合板) の仕様および合板をパネル枠に取り付ける際の留付け法を、実験的な検証を加えて明確化していく必要がある。

#### ③ 防耐火性能上の課題

使用する建物規模に応じて、防火性能や準耐火性能が求められる場合が多く発生すると想定される。この点についても、壁体構成が明確になった時点で防耐火性能の検証や、性能確保のための細部の納まりなどの検討が必要となる。

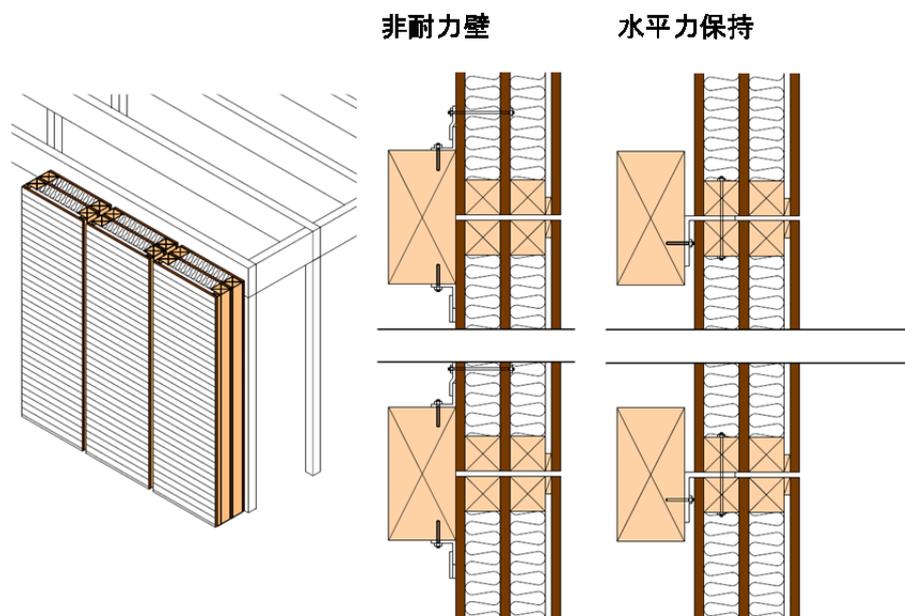


図 5-2 木製高断熱パネルの留付け方法 (イメージ図)

#### [参考文献]

1) 一般社団法人 全国 LVL 協会 : LVL による耐火構造・準耐火構造 構造マニュアル, 2016.3

## (2) 木質化ダブルスキン

カーテンウォールの支持形式にはパネル方式、スパンドレル方式、方立（マリオン）方式などがあり、外装材の支持形式などが異なる。このうち、木質方立を用いたガラスのカーテンウォールは既に多くの実績があり、一般的と言える。一方で、ガラスカーテンウォールは開口面積が大きく、外皮としての断熱性能はガラスの仕様によって決まるため、断熱性能として不利になることが多い。

カーテンウォールにおける方立は、外装材が受ける風圧力を構造躯体に伝達する役割を担っている。方立に係る風荷重が同一であれば、必要な断面積は鋼材に比べて木材は大きくなるため、木質方立は外壁面に対して鉛直方向の寸法が大きくなる。この木質方立の厚さを利用し、ダブルスキン化することで、断熱性能の向上を図ることを検討する。なお、検討にあたっては、地域資源活用と地場施工を考慮し、大断面部材や特殊な工法を用いることなく実現可能な形式とすることとした。

### ①平角材を方立としたカーテンウォールのダブルスキン化の検討

方立に平角材を用い、木材の長手方向を通気層として利用することでダブルスキン化する方法を検討する。

平角材の屋外側及び屋内側にガラスを設置し、屋外側ガラスの上下に通気用の開口を設けることでダブルスキン化することができる。この場合の1ユニットは、幅が方立のピッチ、高さが梁ピッチとなり、奥行きが平角材の長手方向の寸法となる。

ダブルスキンでは、自然換気によってガラス間の通気・排熱を行うことで断熱・遮熱性能の向上を図る。そのため、1ユニットの寸法が平角材の寸法により制限されることで、ダブルスキン化による効果が限定的になると考えられる。一方で、平角材を方立とするカーテンウォールをダブルスキン化することは、既に一般的に用いられている木質方立の改修方法としての活用することも可能と考えられる。

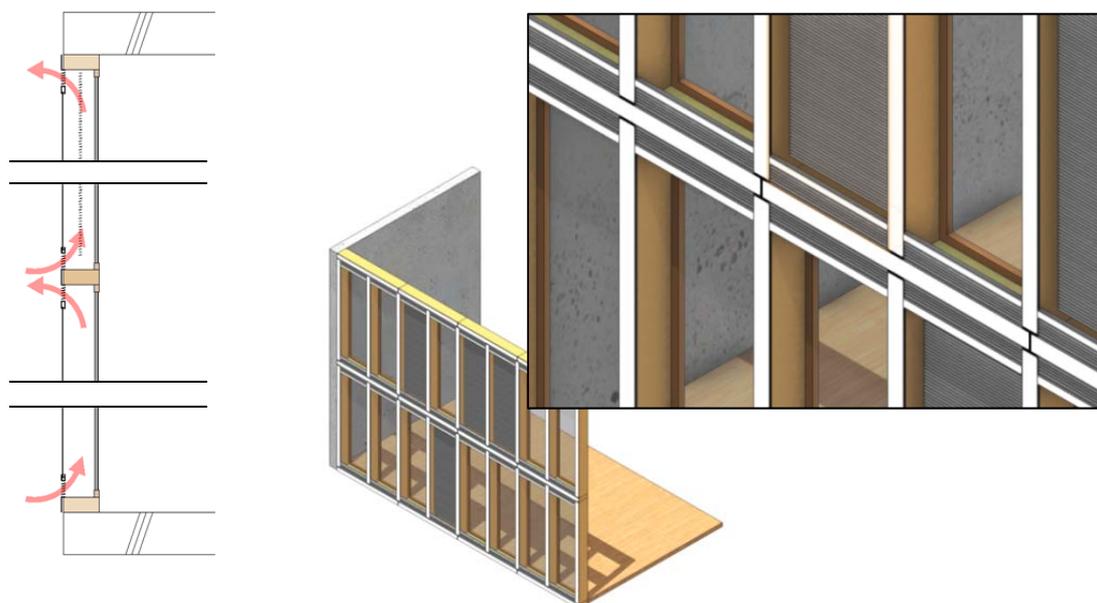


図 5-3 平角材を用いた木質ダブルスキンのイメージ

木質方立のガラスカーテンウォールについて、通常のガラス1層の場合（シングルスキン）と、今回提案するダブルスキンでの熱的性能を試算した。その計算条件及び結果を表5-1に示す。シングルスキンではガラス種類を2種類選定した。シングルスキンの熱的性能は、平成28年省エネルギー基準に準拠した計算プログラムで用いられる窓の性能値から、フレームを含む値を引用した。ダブルスキンの熱的性能の算出は、「平成25年 省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物」（監修：国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所）に記載のダブルスキンの評価方法に基づき、内外フレーム面積比率の影響を加味して計算を行った。その結果、ガラス部の熱貫流率で約18%、日射熱取得率で約45%の改善が見られた。

表5-1 開口部の熱的性能の比較例（平角材）

計算条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地域区分：1 地域</li> <li>・ 方位：南面</li> <li>・ 外側フレーム面積比率：12.5%</li> <li>・ 内側フレーム面積比率：3.7%</li> <li>・ 外側通気層厚さ：95mm</li> <li>・ 内側通気層厚さ：95mm</li> <li>・ 単位窓長さあたりの流出入開口面積：0.11m<sup>2</sup>/m</li> <li>・ 流量係数：0.4</li> <li>・ 窓高さ：2,730mm</li> </ul>		
支持部材仕様	105mm × 270mm @ 455mm		
ガラス仕様	シングルスキン① <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 透明フロート 6mm</li> <li>・ 明色ブラインド</li> </ul>	シングルスキン② <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Low-E（日射遮蔽型）複層（A6mm）</li> <li>・ 明色ブラインド</li> </ul>	ダブルスキン <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 透明フロート 6mm</li> <li>・ 明色ブラインド</li> <li>・ Low-E（日射遮蔽型）複層（A6mm）</li> </ul>
熱貫流率	4.17 W/(m <sup>2</sup> ・K)	2.37 W/(m <sup>2</sup> ・K)	1.95 W/(m <sup>2</sup> ・K)
日射熱取得率	0.41	0.22	0.12

## ②木製フレームを用いたカーテンウォールのダブルスキン化の検討

木製の軸組みで2列のフレームを構成し、その間を通気層として利用することでダブルスキン化する方法を検討する。

ここでは、105mm 正角材で2列の軸組みを作り、それを同じく105mm 正角材で繋ぎフレームを構成する。2列のフレーム間は吹き抜けとなっており、上下方向2層の通気層を形成するため、①で提案する平角材を用いたダブルスキンと比較して上下温度差による自然換気量を増やすことが可能である。

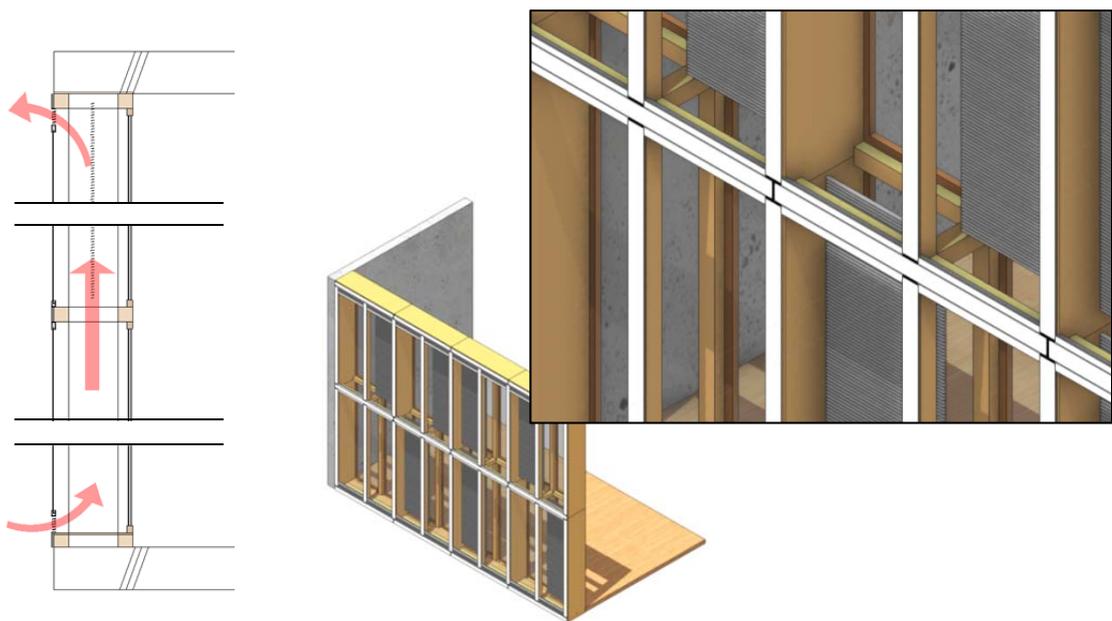


図 5-4 木製フレームを用いた木質ダブルスキンのイメージ

木製フレームを用いたガラスカーテンウォールについて、シングルスキンと、今回提案するダブルスキンでの熱的性能を試算した。その計算条件及び結果を表 5-2 に示す。算出方法は①と同様である。ダブルスキンとすることで、ガラス部の熱貫流率で約 20%、日射熱取得率で約 45%の改善が見られた。①の平角材を用いた場合と比較すると、熱貫流率では  $0.07\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  改善し、日射熱取得率は変化がなかったが、通気層厚さや吹抜け層数等に自由度を持たせることができるため、より断熱性能を向上させることが可能と考える。

表 5-2 開口部の熱的性能の比較例（木製フレーム）

計算条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地域区分：1 地域</li> <li>・ 方位：南面</li> <li>・ 外側フレーム面積比率：12.5%</li> <li>・ 内側フレーム面積比率：3.7%</li> <li>・ 外側通気層厚さ：95mm</li> <li>・ 内側通気層厚さ：95mm</li> <li>・ 単位窓長さあたりの流出入開口面積：<math>0.11\text{m}^2/\text{m}</math></li> <li>・ 流量係数：0.4</li> <li>・ 窓高さ：2,730mm</li> </ul>		
支持部材仕様	105 × 105 @ 455		
ガラス仕様	シングルスキン① <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 透明フロート 6mm</li> <li>・ 明色ブラインド</li> </ul>	シングルスキン② <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Low-E（日射遮蔽型）複層（A6mm）</li> <li>・ 明色ブラインド</li> </ul>	ダブルスキン <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 透明フロート 6mm</li> <li>・ 明色ブラインド</li> <li>・ Low-E（日射遮蔽型）複層（A6mm）</li> </ul>
熱貫流率	4.17 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	2.37 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	1.89 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
日射熱取得率	0.41	0.22	0.12

## 6. まとめ

### (1) 各章のまとめ

本研究では、住宅・非住宅建築物における道産材の利用拡大を目指して、道産材の活用事例や地域生産の実態を調査するとともに、構造部位・非構造部位を対象とした建築技術の適用可能性を検討して、次の結論を得た。

#### 1) 木材利活用技術の事例調査および実態把握

- ・建築物の事例調査より、建物の用途ごとに、延べ面積と木材使用量、最大スパン長、建築工法等との関係性を分析した。その結果、技術的な課題としては、意匠性、防火性及び結露防止等の要求に対応可能な構法及び技術者の不足が、普及に向けた環境整備としては、地域材の供給、加工、施工に係る生産体制の構築の必要性が指摘された。
- ・ヒアリング調査等により、建築技術者が持つ木造建築に対する認識、道産木材の活用に向けて改善すべき点を明らかにした。主要構造を木造とする非住宅建築を普及させるための技術的な課題として、構造設計者の木造設計の経験不足による消極的な提案、選択できる構法・工法が限られることによるコストや工期の調整の難しさなどが挙げられる。

#### 2) 構造部位を対象とした検討

- ・道産木材による木造建築の合理的な構造設計法として、積雪荷重、スパン長に応じ必要な梁材寸法を示したモジュール案を作成した。
- ・道産木材を用いたスパン長 7,280mm を実現するための工法として、鉄筋を併用した張弦梁による木製トラスの仕様を提案した。

#### 3) 非構造部位を対象とした検討

- ・非構造部材への新たな利用法として、低層建築に用いる木製カーテンウォール（非耐力壁・開口部）での利用法を提案した。

### (2) 今後の課題

本研究の検討対象は、木材利活用を図るという目的のもと、建物規模、建物用途（住宅と非住宅）、構造部位と非構造部位など広く設定して、木材の適用可能性を検討した。より具体的な提案を行うためには、与条件を整理し、適用対象を絞り込んだうえで、適用可能性を検討する必要がある。

構造部材に関する検討では、1つの試設計として構造設計が成立するかの観点で検討されたものが多く、構造設計の手法を用いて新たな構法提案というところまで高められなかった。実現可能性が高い構法と既成概念に捉われない新たな構法は、相反する面が出てくるため、既成概念に捉われない新たな構法を求めようとする、実現可能性は多少見込めなくても自由に発想することが必要である。

本研究で得た着想を今後の実用化及び実務展開に結び付けるためには、関連する法の解釈や、設計及び施工の実態に基づき、具体的な提案に発展させることが必要と考えられる。