

最近の都市木造建築の動向と 今後の展望について

京大大学生存圏研究所

教授 五十田博

最近の大規模木造 の実例

都市に木造を(腰原先生)⇒
地産都消

木造化・木質化を進めて
木のまちをつくろう

平成22年度、平成23年度 木のまち整備促進事業 及び
平成24年度 木造建築技術先導に係る採択プロジェクトの内容(事例集)



平成 25 年 3 月

一般社団法人 木を活かす建築推進協議会

各地の大規模木造事例
北海道 秋田 岡山。。。。

おすすめ

“木づかい”の建物

1	公立大学法人国際教養大学図書館	秋田市
2	能代市立二ツ井小学校校舎	能代市
3	能代市立第四小学校校舎	能代市
4	井川町立井川中学校校舎	井川町
5	能代市立第二中学校武道場	能代市
6	あきた総合家畜市場セリ場兼事務所棟	由利本荘市
7	社会福祉法人正和会ショートステイ啄木鳥	潟上市
8	秋田空港ターミナルビル	秋田市
9	湯沢市ふるさとふれあいセンター	湯沢市
10	秋田県立能代松陽高校	能代市
11	美郷町立六郷幼稚園・保育園	美郷町

秋田県農林水産部 林業木材産業課





2000年から現在に至る状況 耐火木造

中層木造建築物を取り巻く環境

木造でも耐火性能を備えた部材が開発をされ2005年度以降建設が盛んにおこなわれている。



丸美産業ビル



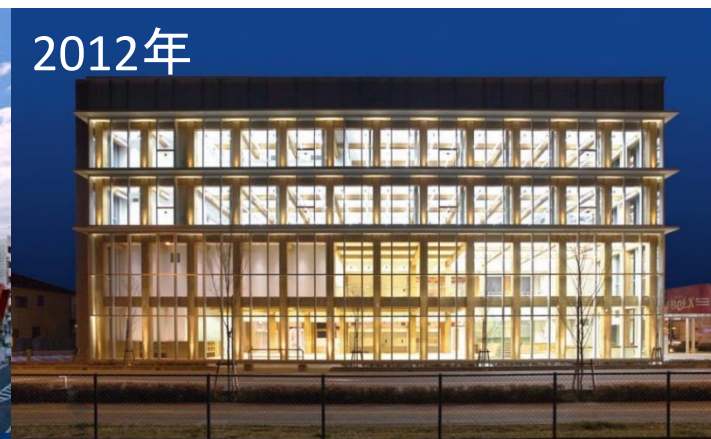
サウスウッド



Mビル



東部地域振興ふれあい拠点施設

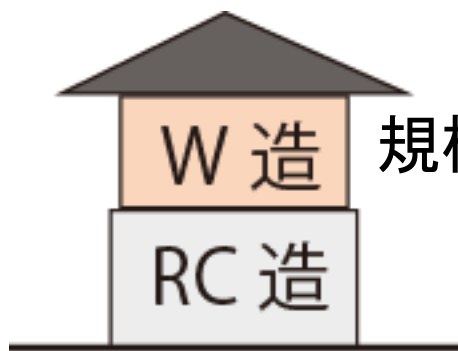


ウッドスクエア

さらにこんな法整備も

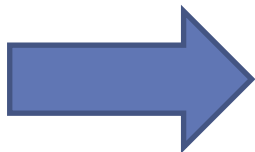
- 告示593号の改正 具体には
 - ✓大規模平面を有する延べ面積3,000m²以下の2階建て混構造(1階RC造、2階木造)の建築物の除外の追加について
- 平面混構造(RC造+木造)の設計法の一事例

改正前

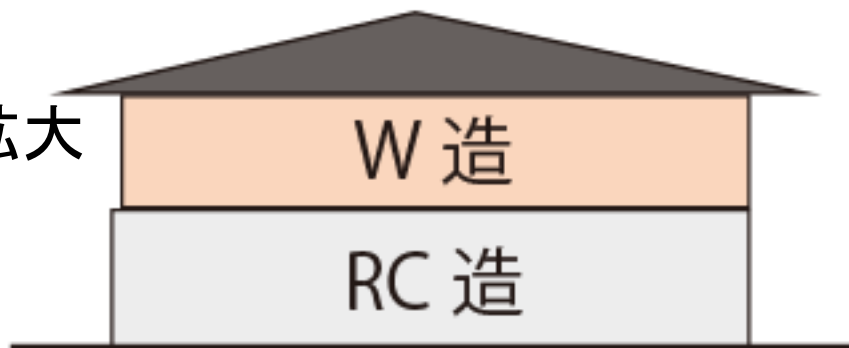


500m²以内

規模(平面的)拡大



改正後

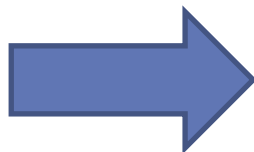


全体3,000m²以内

併用パターン追加



500m²以内



500m²以内

上下混構造



兵庫県 神崎小学校

高知県 中土佐町立久礼中学校



CLT関連告示等解説書 講習会 H28. 04～

主催：(一社)日本CLT協会

(公財)日本住宅・木材技術センター

後援：国土交通省

国土交通省国土技術政策総合研究所

(研)建築研究所

(一社)日本建築士事務所協会連合会

CLTを用いた建築物の 設計施工マニュアル 講習会資料

主催：（一社）日本CLT協会

（公財）日本住宅・木材技術センター

後援：国土交通省

国土交通省国土技術政策総合研究所

（国研）建築研究所

（一社）日本建築士事務所協会連合会

（一社）日本建築構造技術者協会

2016年10月～12月

CLTの普及に向けたロードマップ

目標	現状	26年度	27年度	28年度	目指す成果
CLT工法での建築を可能に (※)壁、床等の構造の全てをCLTとする建築物	国土交通大臣の認定を受けて建設。	強度データ収集		基準強度告示 追加データ収集	・国土交通大臣認定を受けず、比較的容易な計算により建設可能に
	規模等に応じた耐火性能を確保することで建設。	一般的な設計法を確立するための検討・実大実験		一般的な設計法告示 (注1)	
		「燃えしろ」に係る検討・実験等	燃えしろ設計(注2)告示		

(注1)許容応力度計算等一般的に使われる比較的簡易な構造計算による設計手法。

第 I 部 CLTを用いた建築物の概要

ぷろぼの福祉ビル(奈良県奈良市)



写真撮影: ぷろぼの

名称	ぷろぼの福祉ビル
竣工	2016年7月
延べ床面積	971.54m ²
使用したCLT	137.84m ³
CLT利用部分	2～5階の壁
CLTサイズ	120(3層4プライ)、210(5層7プライ)×2,400×2,700mm
構造	1階:RC造、2～5階:木造
用途	障害者福祉施設
所在地	奈良県奈良市大宮町3-5-41
設計	(有)浅田設計室
施工	木大倭殖産(株)
特長	都市部での準防火・防災地域内での木造建築として求められる1時間耐火、設備機器を屋上配置としたトップヘビー構造。木造建築が苦手とする壁が少ないワンルーム空間で構成。

第 I 部 CLTを用いた建築物の概要

高知県自治会館新庁舎(高知県高知市)



名称	高知県自治会館新庁舎
竣工	2016年9月
延べ床面積	3,648.59m ²
使用したCLT	46.9m ³
CLT利用部分	耐力壁、間仕切壁、可動間仕切、移動間仕切
CLTサイズ	耐力壁T150×H3450×W2070～2685、その他T90
構造	1～3階:RC造、4～6階:木造軸組構法
用途	事務所(庁舎)
所在地	高知県高知市本町4-1-35
設計	(設計・監理)株細木建築研究所(構造)桜設計集団 一級建築士事務所、樅建築事務所(設備)株アルティ 設備設計室
施工	株竹中工務店 四国支店
特長	1階2階の間に免震層を設け、1～3階がRC造、4～ 6階が耐火木造の中層庁舎ビル。木造部分の耐震要素 は木材を木製ブレースと面材耐力壁で構成し、高耐力 を必要とする面材耐力壁にCLTパネルを使用。

中層大規模 普及に向けて議論

防耐火(設計と法規制)

海外と日本の違い

構造(設計と法規制)

新材料(CLT、LVL、法規制)

担い手(プレーヤー)育成
(防火、構造、材料)不慣れ

コスト

林業との乖離

発注体制・生産・流通

耐久性とメンテナンス

木造住宅の延長

(四号、構造計算)

中大規模木造

(高層、大空間)

伝統(的)木造

材料情報の提供

構造形式の提案

遮音性能

混構造

高耐力壁

構造設計・防耐火設計 地域リーダー講習会事業(第1期)

- 単なる講習会 ⇒ 身になる講習会
- 地域リーダーとは、
地域の相談役 指導役
それらの人々でネットワークの形成 研鑽
防耐火では地域の指導的役割の人々
東京・大阪・福岡 29都道府県58名の受講者
受講者から今後講師になっていただく
- 今後も継続が必要

講習内容：構造の概要

1. 木質構造：木造建築のこれから、構造計画にあたっての理論と実例、木造特有の問題点等
2. 木質材料：木質材料・木材の性質、耐久設計、許容応力度、基準強度(f_c 、 f_t 、 f_b 、 f_s)等
3. 壁量計算：構造計算ルート、木質構造の特性、壁量計算、構造計算時の燃え代設計等
4. 耐力壁・水平構面：耐力壁の基本的考え方、水平構面の基本的考え方、大規模木造の計算の方法等
5. 接合部：接合部の設計、壁の許容せん断耐力の誘導等
6. 部材設計：部材設計(トラス設計含む)
7. 受講者による発表

講習内容：防耐火

I. 大規模木造の可能性の検討に欠かせない木造防火規制・木造火災の基本的理解

II. 大規模木造の設計(1): 実大火災実験から学ぶ大規模木造建築の火災性状とその制御

III. 大規模木造の設計(2): 木造大規模建築の防耐火設計事例、性能規定による木質耐火建築物の設計と確認手続き、木造部材の耐火加熱実験見学

IV. 防耐火木造の新技術と技術開発の取り組み"
講習会(意見交換会)



稲山 正弘
東京大学大学院 教授



腰原 幹雄
東京大学 生産技術研究所 教授
NPO 法人 teamTimberize 理事長



平成 25 年度 林野庁「地域材供給倍増事業」

第 1 回 地域材 担い手セミナー H25 in 山梨

—地域の設計者・建設会社・工務店は、どう中大規模木造に取り組むか！—

多くの公共建築等が林産地においては、木造化・木質化されつつあります。ですが、地方中核都市での中大規模木造建築物は、それほど多く実現できていません。様々な課題に取り組んできた講師による事例発表とパネルディスカッションから、山梨で中大規模木造建築物をどう取り組むかの方向や目的を探るセミナーです。

○13:20- 事例発表

- ① 稲山 正弘
「一般流通材とプレカットを活用した中大規模木造の設計」
- ② 腰原 幹雄
「部品化・規格化による中大規模木造の設計」
- ③ 五十田 博
「混構造による中大規模木造の設計」

○15:05- パネルディスカッション

コーディネーター
五十田 博
パネリスト
稲山 正弘
腰原 幹雄
中村 伊伯



五十田 博
京都大学 生存圏研究所 教授



中村 伊伯
山梨県木造住宅協会 代表理事
(株)匠家 代表取締役



地域の設計者・建設会社・工務店 は、どう大規模木造に取り組むか！

稲山・腰原・五十田による構造設計バトルトーク

パネルディスカッション

15時25分～16時35分(1時間10分)

木造のこれを振り返って

- 過去と同じことを繰り返し、ブームに終わることはないのか？
ブームでいいか？
- 過去に学ぶところは？

木造の潮流 80年代後半からのブーム



新木造とそれ以前

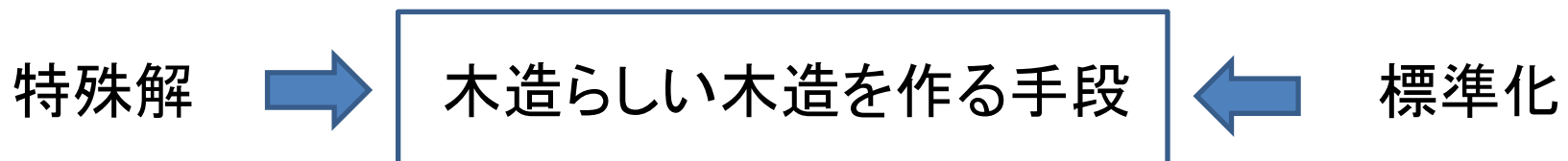
- 1990年代のヨーロッパ流の集成材構造の隆盛⇒市場開放などの外圧⇒衰退。景気の後退？
- 1920年代～戦後まで
新興木構造（ドイツ飛行機の格納庫、軍事施設） 丹下健三 御茶ノ水岸記念体育館（1941年）
1943年 建築雑誌は新興木構造の論文一色
戦後 1947年 前川國男 新宿紀伊國屋書店まで。このころから木造は住宅へ
⇒利用過多による木材の枯渇



稲山手法(特殊解)と腰原PJ(標準化) の目的

- 見せ場をつくるために、標準化する(手を抜く?とところと考えて作るところ)。
- 標準化は実は木造らしい木造(←見せ場)を作るための手段のひとつ?
- 稲山手法(特殊解)のうち汎用的なものは標準化にもっていく。

アプローチの方法が違っても木造らしい木造を作ろうとしているところは同じ?



設計者

大規模建築、公共建築

組織事務所

総合建設業

木造建築

小規模設計事務所

工務店

大規模木造建築？

担い手育成？



設計のルールを整備して環境をつくる

木造の設計を円滑に進めるために (単なるブームとして終わらせないために)

- 各県に木造の相談役を1名程度でいいので育てる。
 - ⇒これを実行に移すためにどのような作戦が必要か？
 - ⇒どのようにして相談役のメリットをつくるか？
- ひとつのやり方に拘泥せずあの手この手が必要。ほかにも案があり得る。それを考える。
- この続きは東京で！

第3回都市の木造化へ向けたシンポジウムH25in東京

パネルディスカッション

「防耐火と木構造」

日本と海外の木造技術の現状とこれから

14:55～16:25

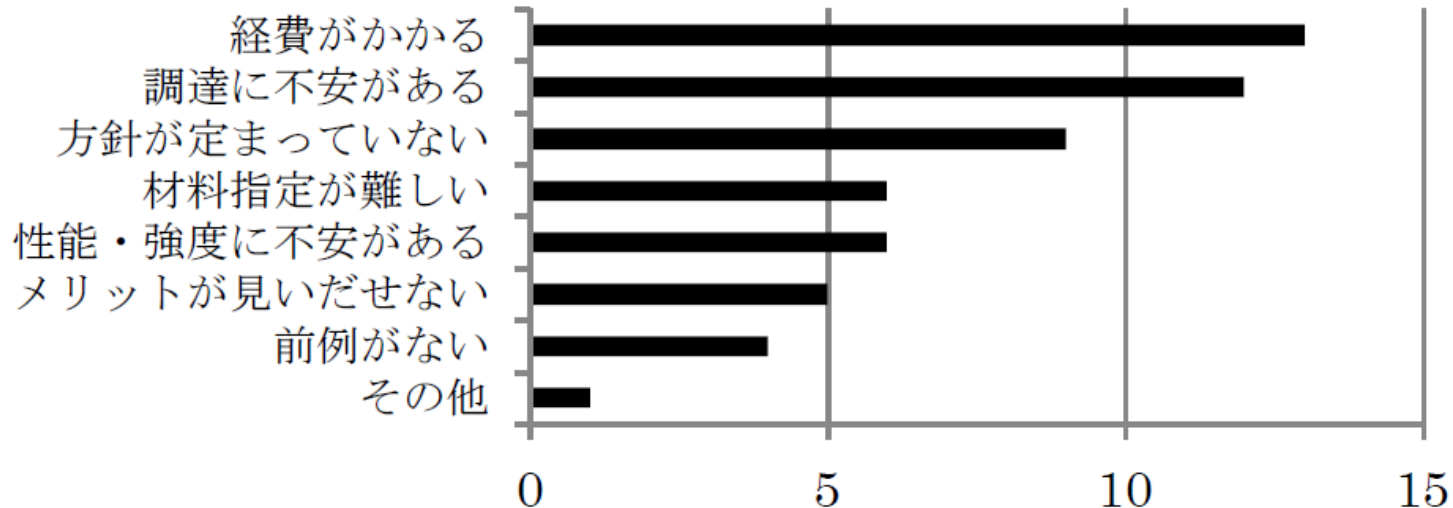
秋田セミナー 地域材を活用した中大規模建築にどのように取り組むか

第2回 横浜シンポジウム 耐火木造による都市の木造化

第1回 名古屋シンポジウム 地域の技術、準耐火木造建築物はどこまで可能か!?

木材を使う際の問題

(回答数38人、複数回答可)



埼玉の木づくりワークショップ、埼玉県農林部森づくり課：木造公共建築物整備の手引き より

コスト縮減策

法的な整理、林野庁で整理済

- 規模設定(高さ・階数・延べ面積の法的制限把握)
 - ⇒木造として建築しやすい規模(構造計算、防耐火要件からの床面積、階数、建物高さの設定) 3階建て以下、最高高さ13m・軒の高さ9m以下、3,000 m²以下 等
- 耐火・準耐火の回避
 - ⇒用途地域、建物規模からの耐火建築物の適用回避
 - ⇒木造は1,000 m²以下の防火壁の区画が必要だが、準耐火建築物とすれば防火壁は不要
- 異種構造との併用
 - ⇒混構造による防耐火、遮音性、水平抵抗力等の課題解決等

コスト縮減策 法的な整理

- 規模設定(高さ・階数・延べ面積の法的制限把握)
 - ⇒木造として建築しやすい規模(構造計算、防耐火要件からの床面積、階数、建物高さの設定) 3階建て以下、最高高さ13m・軒の高さ9m以下、3,000 m²以下 等
- 耐火・準耐火の回避
 - ⇒用途地域、建物規模からの耐火建築物の適用回避
 - ⇒木造は1,000 m²以下の防火壁の区画が必要だが、準耐火建築物とすれば防火壁は不要
- 異種構造との併用
 - ⇒混構造による防耐火、遮音性、水平抵抗力等の課題解決等

中層大規模木造とはいえひとつじゃない

- 第4号 3章3節(仕様規定) 無規格材
- 第4号 第46条第2項ルート JAS材
- 第1~3号 3章3節 無規格材
- 第1~3号 第46条第2項ルート JAS材

第46条第4項の壁量計算<許容応力度計算
木造住宅の技術の延長でいいか？

関西のJAS工場は十分か？

北沢建築 本社工場棟 ..長野県上伊那郡

設計:三澤文子/MOK-MSD 構造:稲山建築設計事務所

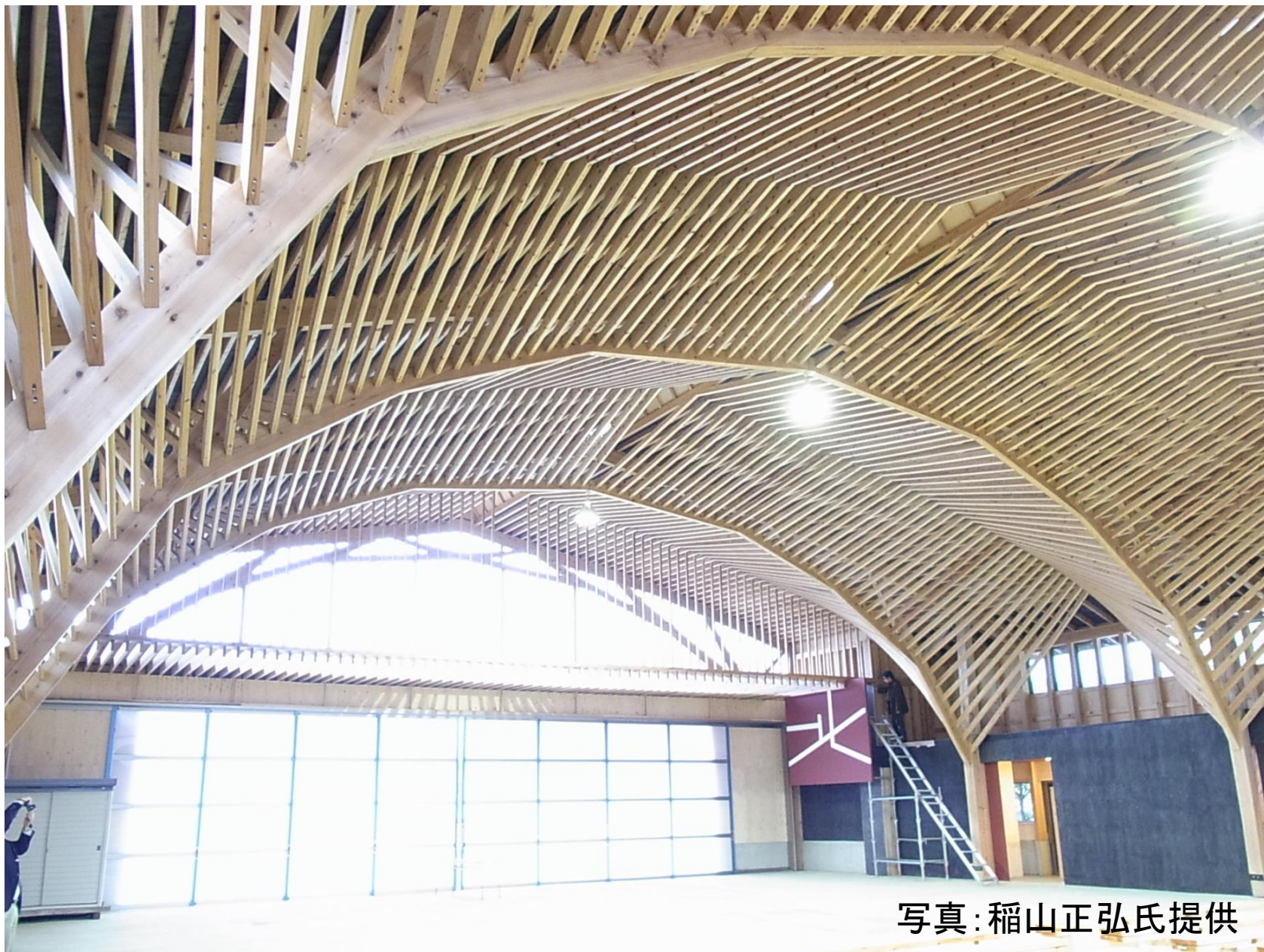


写真:稲山正弘氏提供



写真提供：稲山正弘氏

樹状トラス架構＋ルーバー状の方杖・母屋で屋根荷重を分散してアーチ状に軸力伝達した合理的な構造によって、長野県産スギ製材だけで18mスパンの大空間を実現



岐阜県立飛騨牛記念館

設計：北川原温建築都市研究所 構造：稲山建築設計事務所 場所：岐阜県飛騨郡

岐阜県産スギ製材の面格子に合板による補剛板を挿入

写真提供：稲山正弘氏

ガラス補剛板挿入面格子の水平加力実験



写真提供: 稲山正弘氏

構造に関する建築基準法令の規制

大規模木造の場合、壁量計算を行わない集成材等建築物構造計算ルート(令46条2項ルート)によることが一般的



告示1898号の材料規定により、構造耐力上主要な柱・横架材に製材を用いる場合には、含水率20%以下のJAS構造用製材（目視等級区分製材または機械等級区分製材）でなければならない



稲山正弘氏提供
スライド

JAS製材工場がない地域での対応策

- ①壁倍率5倍の耐力壁を用い壁量計算を満たすようにする
- ②柱と梁は集成材とし束・もや・垂木・根太のみ製材とする
- ③打撃法でヤング率測定しJAS機械等級区分製材同等品としてE〇〇-SD〇〇表示した製材でも可としてもらう

木造の構造計算	建築基準法	木造計画・設計基準及び資料	
		住宅、平屋の事務所	左記以外
法 20 条四号計算 (≦500 m ² 、≦ 2 階) (高さ≦13m) (軒高≦ 9 m) 「四号建物」	<ul style="list-style-type: none"> ・壁量規定 ・基準強度不要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材○ 	<ul style="list-style-type: none"> ・壁量規定 ・基準強度不要 ・ J A S 適合材が望ましい○ 強度管理材○ 無等級材○ 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度計算必須 ・基準強度必要 ・原則 J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材×
法 20 条三号 許容応力度計算 (>500 m ²) (≧ 3 階)	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度計算 ・基準強度必要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材○ 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度計算 ・基準強度必要 ・原則 J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材× 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度計算 ・基準強度必要 ・原則 J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材×
令 46 条第 2 項の適用 「集成材等建築物」	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度等計算 ・基準強度必要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材× 無等級材× 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度等計算 ・基準強度必要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材× 無等級材× 	<ul style="list-style-type: none"> ・許容応力度等計算 ・基準強度必要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材× 無等級材×
法 20 条二号 限界耐力計算 法 20 条一号 時刻歴応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・限界耐力計算等 ・基準強度必要 ・ J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材○ 	<ul style="list-style-type: none"> ・限界耐力計算等 ・基準強度必要 ・原則 J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材× 	<ul style="list-style-type: none"> ・限界耐力計算等 ・基準強度必要 ・原則 J A S 適合材○ 強度管理材○ 無等級材×

- (注)
- ・ ○×は当該材料の使用の可否(○使用可、×使用不可)
 - ・ 赤字は国土交通省官庁営繕部「木造計画・設計基準及び資料」において特に定める規定
 - ・ JAS 適合材とは、製材の JAS に適合するもの又は大臣の指定を受けたもの
 - ・ 強度管理材とは、無等級材のうち、(3)①②③の機械的性質を満たす材

コスト縮減策 材料調達：流通量

- 一般流通材等の状況把握
 - ⇒ 流通材の樹種と強度の再現性把握
 - ⇒ 規格（製材、集成材、単板積層材、合板、パーティクルボード、フローリング）だけでなく、実際の生産・流通状況の把握
 - ⇒ 製材の地域特性（JAS 材と無等級材の調達やコスト）の把握
 - ⇒ 接合金物、接合具の規格の把握
- 製材、丸太、構造用集成材等でのJAS材の入手

コスト縮減策 材料調達2:流通量

- 資材の運搬

 - ⇒材料調達での運搬の影響をコスト、地域材の活用等の観点で把握

- 木材関係業者・施工業者の特徴把握

 - ⇒森林組合、製材所等に調達可能な材、調達期間を確認して部材を設計

 - ⇒供給可能な量を超える場合、調達期間の目安を把握

 - ⇒木材調達におけるコーディネーターの設置 等

コスト縮減策 調達への配慮

- 調達方式の工夫

- ⇒材料を丸太買いすることで、構造材の残材を内装材に使用する等、イニシャルコストを抑制

- ⇒木造建築を多数手がける発注者は、プロジェクト単位でなく、木材をまとめて調達

- ⇒市場に出回っている材料を製材とし、長尺物、化粧材(3、4方)は質が安定している集成材で設計等

- 調達期間の確保

- ⇒長大材や大量の木材は急には揃わない。特に、乾燥が大きなポイントとなる

- ため、十分な乾燥期間を確保するためにも早めの手当てが重要。等

コスト縮減策 調達への配慮

- 調達方式の工夫

 - ⇒材料を丸太買いすることで、構造材の残材を内装材に使用する等、イニシャルコストを抑制

 - ⇒木造建築を多数手がける発注者は、プロジェクト単位でなく、木材をまとめて調達

 - ⇒市場に出回っている材料を製材とし、長尺物、化粧材(3、4方)は質が安定している集成材で設計等

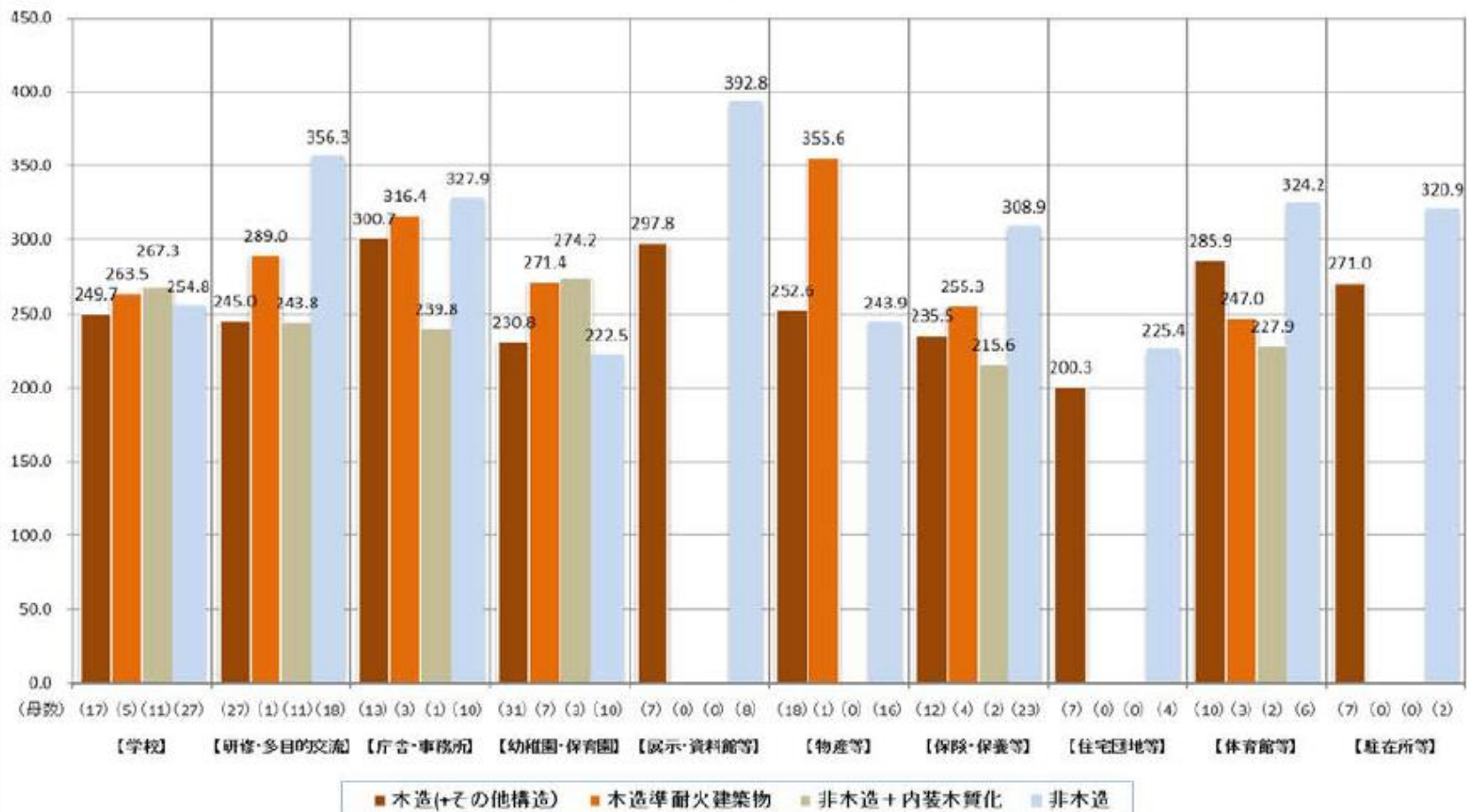
- 調達期間の確保

 - ⇒長大材や大量の木材は急には揃わない。特に、乾燥が大きなポイントとなる

 - ため、十分な乾燥期間を確保するためにも早めの手当が重要。等

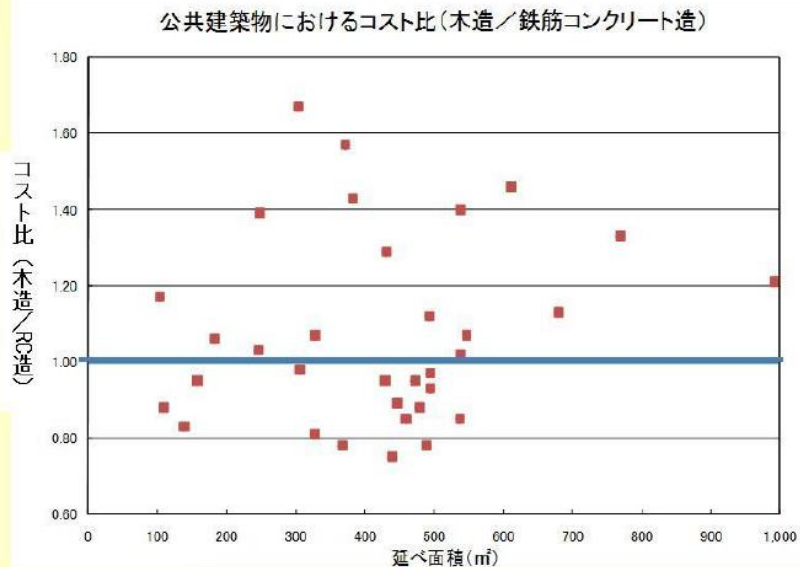
図 8-1 用途別の建設コスト比較

平均単価(千円/㎡)



- 『木造 (+その他構造)』 : 木造、あるいはその他の構造との混合構造によるもので、建築物の防耐火上の要件が「その他の建築物」のもの
- 『木造準耐火建築物』 : 木造、あるいはその他の構造との混合構造によるもので、建築物の防耐火上の要件が「準耐火建築物」のもの
- 『非木造+内装木質化』 : 木造以外の構造（主として鉄筋コンクリート造）の建築物で、内装を木質化したもの
- 『非木造』 : 木造以外の構造によるもの

木造が高い
↑
木造が安い



注) 公共建築物におけるコスト比は、「国及び地方公共団体の木造施設の建設コスト」の「鉄筋コンクリート造の標準的な建設コスト」に対する比。

○ 深谷市花園こども情報交流図書館(埼玉県)



＜木造＞134,999千円 ＜非木造＞131,996千円
※木造に対し、98% (延べ床面積:498.83㎡)

資料:平成15年度地方公共施設等設計支援事業

全国の木造施設で同施設を RC 造として比較設計した場合、木造が標準的 RC 造の建設コストを下回る例も多数。【33 施設を比較設計。木造が高い (17 施設)、木造が安い (16 施設)】

木造新築の深谷市花園こども情報交流図書館での比較設計結果 木造 : RC 造 = 1 : 0.98

海外でなぜ木造・木質構造か

海外の事例をみていると、

木造・木質構造 △

木材の利用方法 △

木材を利用した混構造 ◎

キーワード:

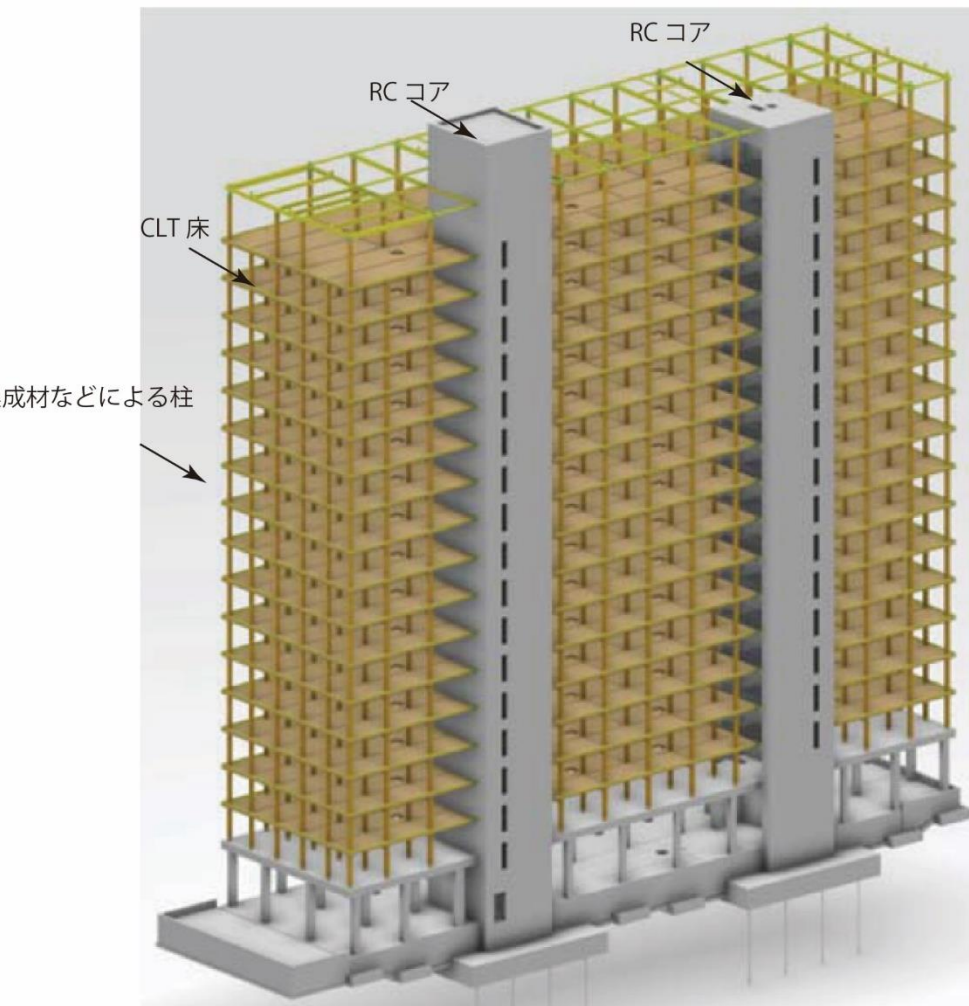
資源循環材料の有効利用・環境問題 ○

適材適所での利用 ○

工期短縮 ○ ⇒コストに関連

資材としてのコスト △

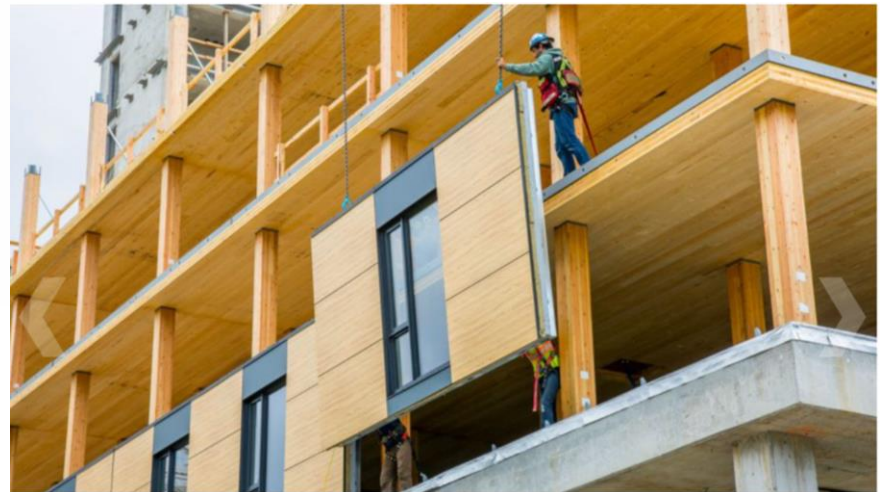
軽量化(杭基礎の簡易化) ○



カナダ18階建て
 水平力負担はRC造コア
 鉛直力は集成材/ 床はCLT
 フラットスラブ/ 柱同士を接合し、床を介さ
 ずに鉛直荷重を伝達



<http://www.archdaily.com/787673/construction-of-the-worlds-tallest-timber-tower-is-underway-in-vancouver>



<http://www.sciencemag.org/news/2016/09/would-you-live-wooden-skyscraper>

18階建て学生寮, UBC, 2016



木は見えない



RC造EVシャフト



オレゴン州ポートランド
8階建て コンドミニアム
鉄骨造のセンターコア
柱集成材 被覆なし
梁集成材 被覆なし
床CLT 天井面は被覆なし





ポートランド 5階建て
1階RC造、2～5階鉄骨造
木床（天井面は被覆なし） どうせなら鉄骨の
ブレースを木に置き換えたい。



2020年 10階建ての振動台実験 準備研究 2階建て 20階建てに向けて



米国 サンディエゴ
屋外の振動台

～キーワード～ なぜCLTか？

- ①施工性
- ②建設コスト

CLT構造 East Anglia大学内 Barton and Hicking Houses



CLT構造 East Anglia大学内 Barton and Hicking Houses



新しい木質材料を活用した 混構造建築物の設計・施工技術の開発

研究期間 : 平成29年度～平成33年度

5. 研究開発課題 1(1)

1(1) CLT等+他構造種別による混構造、木質系の他の構法との工法の混用による架構の構造設計法の検討

①水平・鉛直方向の防耐火上の区画を考慮して木材をあらわしや軽微な防耐火被覆で用いることのできる中層木造建築物のプロトタイプの構造設計法について 実験・解析等による技術資料の整備 ※防耐火分野との連携

混構造のバリエーション

- ①異種構造部材による構造
(CLT+RC、CLT+鉄骨、CLT+CFT*1柱+鉄骨梁 RC+S)
- ②木質系の異種構法による構造
(CLT+集成材構造、CLT+枠組壁工法)
- ③防耐火に配慮した新たな構法
(CLT+RCの耐火構造の床、メガストラクチャ)



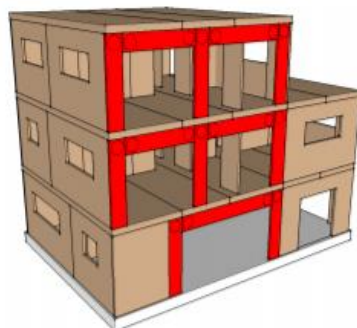
RC柱・梁+CLT袖壁
(建設後の可変性)



RCメガストラクチャ
+ RC・CLT床 + CLT袖壁

混構造建築物における各材料の長所

木質材料	鋼材	RC
省CO ₂ 軽量 可変性	高強度 高靱性	高強度 耐火性能



集成材構造+CLT



RCメガストラクチャ + 木造 (可変性)



*1 CFT:コンクリート充填鋼管構造

成果：混構造建築物のプロトタイプの構造設計ガイドラインの作成

建築材料としての強度 (Mpa)

	比重	強度 (過去)	強度 (現在)	強度 (未来?)
木材	0.5	20~30	20~30	300~400 (ナノ複合材料)
鋼材	7.8	400	900 (1800)	4000
コンクリート	2.1	18~36	100 (200)	300

まとめ

- いろんなところにつかう
- 木材をたくさん使う建築より、木材を少なく使った建築をたくさん建てる
- 規制緩和が進めばもっと利用拡大する。規制緩和しなくても使い道はある。
- 木材を構造材利用(みえない)する建築だってあっていい。