

DF技術部会 経済産業懇話会

2024年 3月13日 (水)

国産木材を活用した 中高層木造建築 普及への挑戦

(一社) Direct Force 環境部会 山本明男 977

1

< 本日の講義 目次 >

- (1) 森林・木・木材の基礎知識
- (2) GX 脱炭素への取り組み
- (3) 日本の林業が抱える課題
- (4) 木造建築とは
- (5) 木造高層建築実現への歩み、メリット・デメリット
- (6) 木造高層建築・木質化の事例紹介 (世界・日本)
- (7) 木造高層建築 普及への課題

5

(1) 森林・木・木材の基礎知識

① 日本国土の森林割合 約68% (総面積 2,512 ha)

世界の森林率 (国土面積に占める森林面積の割合)



天然林 : 約57%
人工林 : 約40%

森林蓄積の推移



6

針葉樹・人工林 (樹齢30年以上が花粉放出)

戦中・戦後に大量伐採した結果
森林が荒廃、自然災害が多発
1950年代以降に国策で成長
の早いスギ・ヒノキを植林

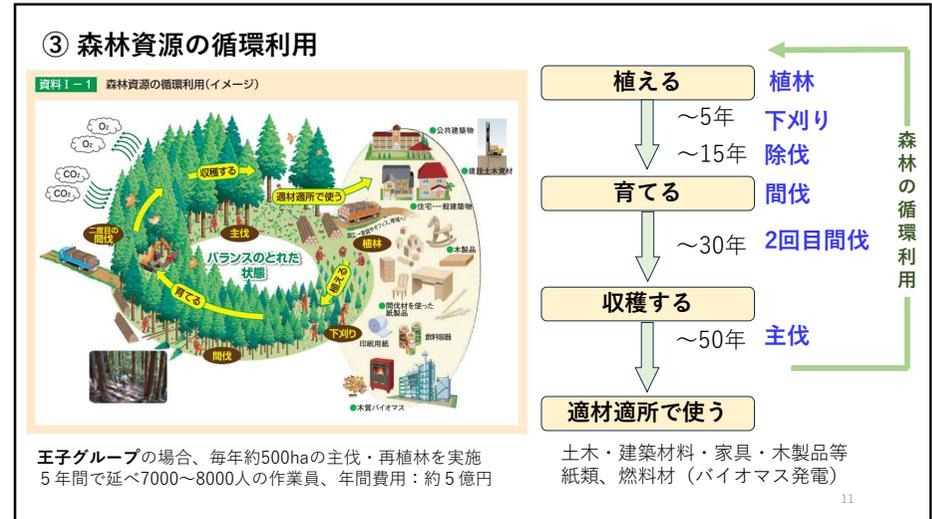
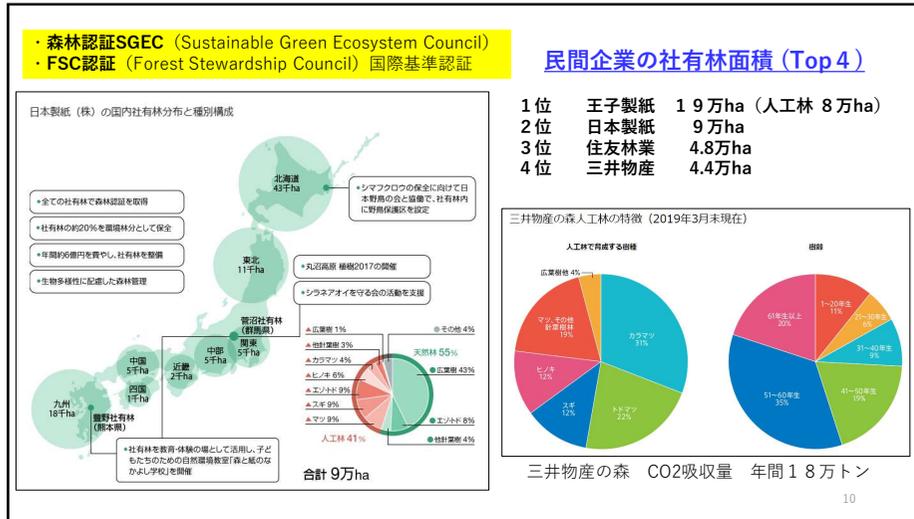
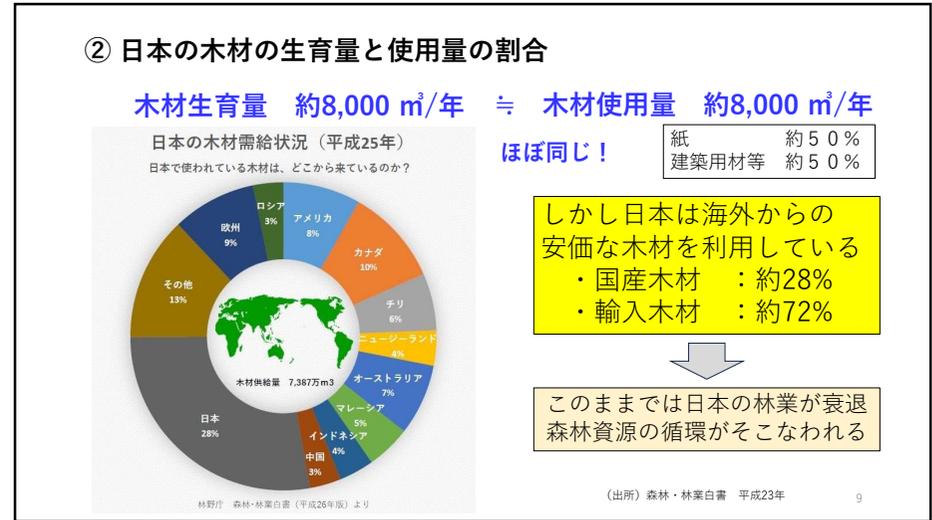
スギ
森林面積の
約18%

花粉症

ヒノキ
森林面積の
約10%

(対策) スギ人工林を伐採利用し、花粉の少ない苗木を植林
天然林は針葉樹・広葉樹がMIX (広葉樹は花粉飛散しない)

7

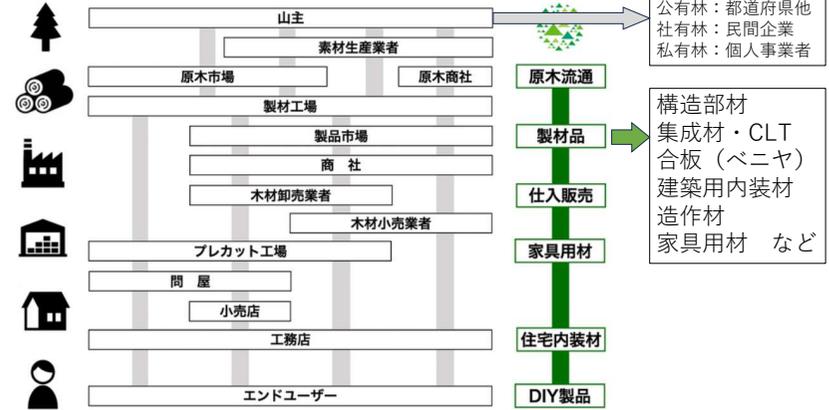


④ 針葉樹と広葉樹の違い

項目	針葉樹	広葉樹
見分け方	葉が針のように細かく、多くは先端が尖っており、ほとんどは常緑樹である	葉は広くて平たい 落葉樹と常緑樹がある
年輪	はっきりしている	はっきりしていない場合がある
組織	樹液を運ぶ道管がなく、木繊維がその役割を果たす	幹は道管と木繊維からできている
木目	比較的まっすぐ通っている	複雑で変化して美しいものが多い
材質	軽くて柔らかい	堅くて重い (例外：キリ)
加工性	一般に加工しやすい	一般に加工しにくい、反面丈夫である



⑤ 林業に携わるステークホルダー (中間流通業者が多数介在)



(出所) <https://moringakko.jp/woodshock/>

(2) GX 脱炭素への取り組み

日本は2050年までに温室効果ガス排出量実質ゼロを目指す

森林の樹木によりCO2吸収量を増やしてオフセットする

木の種類にもよるが、植林から樹齢50年程度で炭素吸収量はピークとなる

戦後に植林された人工林の大半はすでに50年を超えている

これら高齡樹木の伐採と新たな植林が必要



■ 森林資源からの新たな価値創造 (王子製紙の取り組み事例)

- 木材から紙の原料となるパルプを作る技術を応用して、新素材「バイオプラスチック」を製造
- 木材から木質由来の燃料「バイオエタノール」を製造
国内航空会社は2030年には燃料の10%を持続可能な航空燃料に転換することを表明
- 木材の主要成分の一つである「ヘミセルロース」を使い、抗炎症作用や血液凝固阻止作用のある医薬品開発を進める (医薬品を動物由来から植物由来へ置き換える)

脱炭素 脱プラ 生物多様性保全 土壌保全 水源涵養

(3) 日本の林業が抱える課題

- (1) **原木価格は安い** ⇒ 製材加工すれば木の付加価値は増える
1990年代から国産材が外材より安くなっている
森林所有者へ還元される利益は木材最終価格の約2%
- (2) **建築材の需要減少** (人口減少 + 高齢化、住宅新築・改築が減少)
- (3) **林業に従事する人が減少** (高齢化、3K職場、低収入)
副業・兼業・季節労働などで林業を支援できないか？
- (4) **林業現場での労働災害発生率が高い** (林業24.7⇔全産業平均2.7)
- (5) **放置林の増加** (所有者不明、土地の境界未画定等)
- (6) **伐採優先の政府補助金(3000億円弱) 依存体質** (モラルハザード)

★ **再生のカギは、成長よりも持続性維持か？**

50年かけて再生された森林を持続していく・・・

16

(4) 木造建築とは

■ 建物の主な構造種別

- ・木造
 - ・鉄筋コンクリート造 (RC造)
 - ・鉄骨鉄筋コンクリート造 (SRC造)
 - ・鉄骨造 (S造)
- } **ハイブリッド構造** (複数組合せ)

■ 木造構造の種別

- ・木造軸組工法 (在来工法)、木造ラーメン工法、集成材の梁等
- ・木造壁式工法 (ツーバイフォー：2 x 4 インチ構造材)
- ・木質パネル工法 (2 x 4 工法等を活用、断熱材等を入れパネル化工場生産)

■ 木造建築の耐用年限

木造住宅の**法定耐用年数：22年** (あくまでも「減価償却資産」として)
⇒ **実際には50～60年程度** (長期優良住宅認定：100年以上)

日本の住宅の92%以上が木造建築 RC造の法定耐用年数：47年

17

木造建築のメリット

- 1) **コストが安い** (特に施工費用)
木造：50万～75万円/坪 (15万～23万円/㎡) ※最近の物価高で上昇傾向
RC造：70万～90万円/坪 (21万～27万円/㎡)
- 2) **調湿効果** (結露・カビ防止)、**通気性、断熱効果** ⇒ 日本の気候に適合
- 3) 建築の**デザイン自由度**が高く、**自然素材を活かした心地よい木質空間**を作れる
- 4) **火災に強い** ⇒ 太い木材構造体は表面は燃えても中心部 (燃えしろ) は残る
(鉄骨造は耐火被覆処理がなければ熱で変形する)

木造建築のデメリット

- 1) 構造上、柱や壁・梁・筋交いの位置やスパンなどの寸法で**制約を受ける**
- 2) **仕上りの品質**は、使用木材や施工する職人の技量等により異なる
(ヒノキ・ヒバ・ケヤキ・ウォールナット ⇔ スギ・ブナ)
- 3) **シロアリ被害や自然劣化**によるリスク
- 4) **耐震性・防音性・耐振動**などでRC造やS造よりやや劣る
- 5) **耐火処理・対策が必要** (1・2・3時間耐火等：低層部は長時間の耐火要)

18

(5) 木造高層建築実現への歩み、メリット・デメリット

■ 木造高層建築実現への歩み (1)

- ・我が国の伝統的大型木造建築物：**五重塔、東大寺大仏殿**など (独自の高度技術)
- ・**1950年**の建築基準法では大型木造建築物が禁止 (※自然災害リスク、戦災等の影響)
大型建築物：約3,000㎡以上
- ・**2010年**「公共建築物等における木造利用の促進に関する法律」が成立
- ・**2014年～2015年** 日本の林業再生切り札として、**CLT普及**に向けたロードマップ策定
従来日本ではCLTに関する建築基準は皆無、建設には国土交通省の個別認定が必要
CLT：Cross Laminated Timber 「直交集成板」
繊維方向を直角に3層以上積層し圧着接着した木材
(1990年代初めドイツ・オーストリアで最初に開発)
- ・**2016年4月** 国土交通省による「**CLTパネル工法**」の告示が施行
これに基づき構造計算すれば大臣認定が不要となり、**CLTを使った建築が可能**

19

(出所)
https://www.cas.go.jp/seisaku/pdf/shiryou1

CLT (直交集成板) とは

CLT (Cross Laminated Timber: 直交集成板) とは

- CLTとは、ひき板を繊維方向が直交するように積層接着したパネル。
- 欧米を中心にマンションや商業施設などの壁や床として普及しており、我が国においても国産材CLTを活用した中高層建築物等の木造化による新たな木材需要の創出に期待。



積層接着

CLTのメリット

施工が早い

コンクリートの養生期間が不要なため、短期間で施工ができる。



構造部分の確立は
2日間で完了
コンクリートは、1層あたり約5日の養生が必要

※3階建て・延べ面積約270㎡の事例

コンクリートより軽い

建物の重量が軽くなり、基礎工事の簡素化ができる。



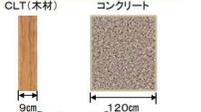
CLT
1枚約220kg
(1m×3m×厚さ18cm)

コンクリート製品
1枚約500kg
(1m×3m×厚さ8.5cm)

※両程度の曲げ強度を有する厚さ同士の比較

断熱性が高い

同じ厚さで比較すると、CLT(木材)はコンクリートより断熱性が高い。



CLT(木材) 9cm コンクリート 120cm

これらの断熱性能は、ほぼ同等

CLT床(天井)や壁にパネルとして使用すれば、高断熱住宅としやすい

0

21

■木造高層建築の歩み (2)

- 2019年 建築基準法改正 木造建築高さ 13m ⇒ 16mへ (※防耐火要求なしで可能)
主要構造部が耐火建築 (1・2・3時間耐火) であれば高さ制限なしに
- 2020年「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指す」と日本政府が宣言
- 2021年「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行
(通称)「都市まちな木造化推進法」⇒ 木造ビル建築の需要が高まる
- 木材は鉄やコンクリートに比べ製造や加工、建築時に要するエネルギーが少ないため、「二酸化炭素の排出量」を減らす効果がある。

22

米国でのCLT・集成材を使った木造高層建築の工事紹介

<https://www.youtube.com/watch?v=cSYbwwofCKQ>

(7 : 25 ~ 9 : 00)

23

■CLT構造材の木造高層建築 (1)

メリット

- CLTを活用すれば建物の構造柱・耐力壁・屋根・天井等、様々な用途に使える
- 部材を工場生産でき工期短縮できる (※コンクリートは型枠・打設・養生・解体要)
- 木材は断熱性が高い (CLT 9cm と RC 120cmがほぼ同等の性能)
- 木材を使用した上部建物は軽量化でき、基礎工事の簡素化が可能 (コスト+工期低減)
- 持続可能な木材を使うことにより環境に優しく、炭素隔離を促進できる
- 表層に木材を使うことにより、香りや視覚による五感でリラックス効果あり
- CLT工法を使った木造ビルは、現行法令では耐火建築物であれば高さ制限なし

24

■CLT構造材の木造高層建築 (2)

デメリット

- ・日本にはCLTを生産できる企業・工場が少ない為、**大量生産供給が難しく、コストが割高**となる。(2018年時点の調査ではRC造建築の総工事費より25%UP)
- ・日本ではまだ**実施例が少なく**、CLTを活用した建築の設計事務所・施工会社が少ない
- ・木造高層に関する耐火性能・耐震性・音響性能など**実施データの集積と評価が必要**

25

(6) 木造高層建築 世界の事例・計画案

- ヨーロッパでは1990年代後半から7～9階木造建築への取り組みが始まる



【1】 Voll Arkitekter's Mjøstårne (ミョースタワー) ノルウェー Brumunddal

地上18階建て 高さ 85m
CLTを使った最初の高層建築
(アパート+ホテルの複合ビル)
2019年完成
ノルウェー産の木材を使用

28



【2】 Tall Wood Residence

カナダ Vancouver

地上18階建て 高さ53m
大学学生寮 (404室)
2017年完成

壁にRC造を使用した
ハイブリッド構造

29



バンクーバーのプリティッシュコロンビア大学内の学生寮。
地上18階建て。床、梁、壁にCLTを全面に活用し、ツーバイフォー (2×4) 形式でパネルをはめ込んでいる。

30



【3】 Stadthaus

英国 ロンドン
地上9階建て 30m
木造集合住宅 CLTパネル工法
2009年完成



31



【4】 Atlassian Central

オーストラリア シドニー

- ・地下2階/地上39階建て 高さ182m
(※完成時点で世界最高高さとなる)
- ・延床：約75,000㎡
- ・木造ハイブリッド構造
- ・設計：米国(SHoP) + 豪(BVN)設計事務所
- ・施工：大林組とBuilt社(オーストラリア)のJV
- ・高層階：オフィス 低層階：ホテル、店舗
- ・2022年～2027年(完成予定)

(出所)

https://www.obayashi.co.jp/en/news/detail/news20220825_1_en.html

32



- ・建設中のCO2排出量を従来の50%以下に抑制(S造と比較して40%削減)
- ・地上構造部材にコンクリートを使用していないため、騒音・粉塵を抑制
- ・完成後の目標
100%再生可能エネルギーで稼働

- ・地下～7階まではRC造、7階以上は鉄骨フレームとCLT部材を組み合わせ、経済合理性を高めた**木造ハイブリッド構造**を採用
- ・大林組が2022年に完成した横浜の純木造高層建築(自社研修センター)で開発したPort Plusでの知見を水平展開



33

(6) 木造高層建築 日本国内の事例紹介

- ◆ これまでの木造建築は最高7階建てまで

- 【1】大林組が11階建ての純木造高層ビルとして**Port Plus横浜研修所**を建設(2022年3月完成)
高さ**44.1m** 免震技術を併用し、高耐久性仕様の外装で木造建築の弱点を克服
木材使用量 1,990㎡(材積率 0.57㎡/㎡)
1,700トンのCO2削減効果を達成⇒鉄骨より▲40%



(出所) 日経クロステック (xTECH) (nikkei.com)

35



大林組 日本初の高層純木造耐火建築物
次世代型研究施設 **Port Plus 横浜** 紹介ビデオ (3:52)

<https://youtu.be/gwg7OwNZIPo>

Port Plus コンセプト・構造・内部詳細の紹介HP

<https://www.oyproject.com/details/#interior>

木造から考える循環型建築への取り組み

「Circular Timber Construction」の紹介HP (25分)

https://www.youtube.com/watch?v=T_4n43uWUI0

(参照箇所) 3:35, 6:13, 9:25, 10:30, 15:40

38

【2】東京海上HD・東京海上日動火災保険 新木造本社ビル建設計画 (丸の内) 2024年12月着工予定

設計：Renzo Piano Building Workshop + 三菱地所設計



- ・地下3階、地上20階
- ・最高高さ 約100m
- ・延床 約13万㎡
- ・木造と鉄骨造、RC造を組み合わせたハイブリッド構造
- ・床の構造材にCLTを使い柱にも木の積層材を多用
- ・1階に中庭、屋上階に樹木に覆われた屋上庭園を設置

(出所) 東京海上日動火災保険



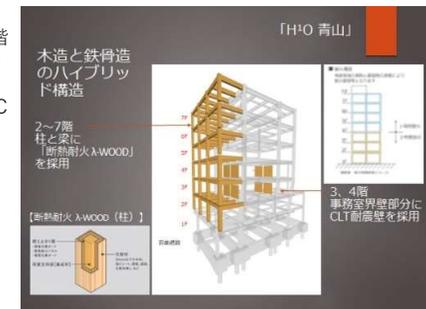
39

【3】「H10 (エイチワンオー) 青山」レンタルオフィスビル

(2022年10月開業) 施主：野村不動産 施工：熊谷組



- ・地下1階、地上7階
- ・最高高さ 約31m
- ・延床 約13万㎡
- ・木造と鉄骨造、RC造を組み合わせたハイブリッド構造
- ・木質耐火部材としてラムダウッドを使用 (国土交通大臣認定を取得)



(出所) https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/001110/00305/?i_cid=nbpxnt_sied_blogcard

40



熊谷組の木質耐火部材「断熱耐火 λ-WOOD (ラムダウッド)」の断面。中央が「荷重支持部 (集成材)」、中間が「燃え止まり層 (炭化材)」、外側が「化粧材 (表面仕上げ材)」 (写真: 熊谷組)



41

【4】(仮称) nonowa 国立SOUTH

JR東日本グループは、国立駅南口に初の木造商業ビルを2024年春の開業に向け2023年3月中旬着工

- ・設計施工：(株)大林組
- ・地上4階 延床：2,450㎡
- ・地域の多摩産木材を積極的利用することにより約150tのCO2量を固定化
- ・構造部は大林組開発の木柱「オメガウッド」を採用
鉄骨梁に集成材で耐火被覆したハイブリッド集成材梁を採用したハイブリッド木構造

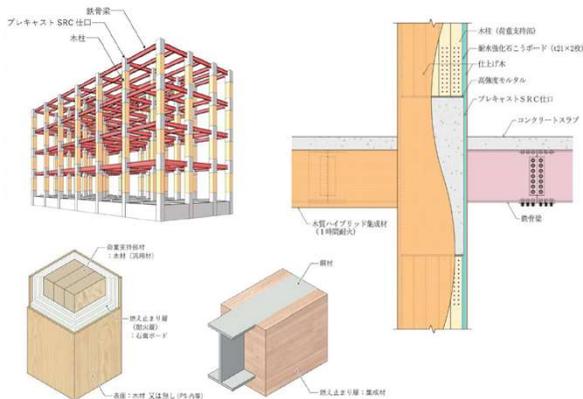


(出所) JR東日本 プレスリリース 2023.03.07

42

ゼネコンが開発する木造ハイブリッド技術の例 (大林組)

構造フレーム、木柱/オメガウッド (耐火) 鉄骨梁/木質ハイブリッド集成材



43

【5】(仮称)日本橋本町1丁目3番計画 (賃貸オフィスビル)

国内最大・最高層となる木造構造建築物

- ・施主：三井不動産(株) 設計施工：(株)竹中工務店
- ・地上18階/地下1階 高さ84m 延床：約26,000㎡
- ・工期：2024年1月～2026年9月(予定)




(出所) 三井不動産・竹中工務店 プレスリリース 2024.01.11

44

KiPLUS TAIKA for CFT
KiPLUS TAIKA for BEAM

- CLTを用いた耐震壁、床等
- CLT補剛波形鋼板耐震壁 (日本初適用)
- CLT補剛FMS合金制震壁 (日本初適用)
- デッキCLT床 (日本初適用)

- 1時間耐火燃エンウッド
- 2時間耐火燃エンウッド
- 3時間耐火燃エンウッド

- 燃エンウッド
耐火集成材 (3時間耐火が要求される部位で日本初適用)
- KiPLUS TAIKA for BEAM
鉄骨梁の耐火被覆に木材を用いた2時間耐火木被覆技術 (日本初適用)
- KiPLUS TAIKA for CFT
CFTの耐火被覆に木材を用いた2時間耐火木被覆技術 (日本初適用)

構造概要 (出所) 三井不動産・竹中工務店 プレスリリース 2024.01.11

<耐火集成材「燃エンウッド」の仕組み>

「燃エンウッド」は竹中工務店が開発
国土交通大臣より耐火構造認定を受けた技術

構造材として1,000㎡超の国産木材を使用

一般的鉄骨造ビルと比較し、建築時のCO2排出量を約20%削減する効果が期待できる

“終わらない森創り”

三井不動産グループが所有する約5,000haの森林木材および国産木材を使用して、建築資材の自給自足および森林資源と地域経済の持続可能な好循環を実現

(出所) 三井不動産・竹中工務店 プレスリリース 2024.01.11

【6】住友林業 木造超高層建築 (W350計画) 開発構想

高さ350m 地上70階木造ビル

住友林業 創業350周年の2041年を目指した開発構想

木と鉄=9:1の木鋼ハイブリッド構造を検討

建物はバルコニーに囲まれ木漏れ日が注ぐ、森のような建築物

(出所) ライフスタイルニュース 住友林業・日建設計 画像提供 2020.02.04

47

**最近の国内木造建築における
国産木材・木質化採用事例**

48

(7) 木造高層建築 普及への課題

① 木造高層建築は現時点ではコストが割高

- ・純木造建物は鉄骨造や鉄筋コンクリート造に比べて約3割増し
- ・コスト高の要因：材料価格（CLT部材）が高く、運送コストもかかる
- ・国内のCLT製造工場は、現状11か所（最大手：銘建工業㈱）
- ・急激な需要増加には調達可能な供給量の制約からすぐに対応できない

② CLTを採用した中層木造建築の耐震性は検証済

- ・2015年、Eディフェンスの3次元振動台でCLT連続耐力壁を使った10階建て（40m規模）実大試験を実施。
- ・震度7（阪神淡路大震災レベル）より大きな加力でも倒壊しなかった。
- ・より高層の木造建築実現には個別の耐震性検証が必要（大臣認定）
スパンの拡大（現状8m程度）、高さ（現状7m程度）の長大化

54

③ 木造高層建築では3時間耐火の大臣認定取得が必要

- ・CLTは毎分約1mmの速度でゆっくり燃え、残った燃え代で安全確保
- ・日本CLT協会は、木造中層建物を想定し、CLTを使った床や壁で2時間耐火認定を取得
- ・より高層・大規模な木造建築物には低層部で3時間耐火認定が必要
 - CLTを石膏ボードで耐火被覆する
 - 大林組は柱・梁部材で燃えしる層を設け、3時間耐火認定を取得（大林組：横浜Port Plus オメガウッド）
- ・大手ゼネコン等による木造高層化への設計・施工技術開発推進

④ 輸入木材から国産材活用へのシフト

- ・地政学的リスクの軽減（ロシア産木材禁輸措置、為替変動など）
- ・国産木材の積極的活用による地産地消でカーボンオフセットを推進

56

(8) 森林大国日本が目指すGX・将来の展望

① 木造高層ビル普及への需要開拓

環境保持に関心の高い顧客へ木造の自社ビルや大規模施設を誘致
（大手デベロッパー、大企業、大手ゼネコン等）
いかに木造高層プロジェクト案件を増やすか？

② 海外での木造高層建築プロジェクトの入手・実施

⇒ 海外での先行事例から設計・施工経験を蓄積し、
国内市場へフィードバック

③ ハイブリッド木造技術採用で高層化・経済性・居住性を向上

日本の建設業（特に大手ゼネコン）はハイブリッド構造が得意
（例）地下・地上低層階：RC造、高層部：木造（CLT耐力壁等）
地下・地上低層階：RC造＋免震装置、高層部：S造＋木造
地上部分の軽量化で杭・基礎等の下部構造をシンプルに

58

④ 国産木材を使ったCLT等の安定的サプライチェーン構築

地産地消の集成材サプライチェーンができれば安く早くできる
例）・2020年 三菱地所は建築用木材の生産から流通・施工・販売
までを行う統合型合弁会社（MEC Industry）を立ち上げた
・2023年 大林組は愛媛の製材会社を子会社化し、木造普及へ

⑤ 内装・外装の「木質化」による国産木材使用の普及拡大

国内の針葉樹と広葉樹を適材適所で使用・活用
・リラックス・癒し効果、心地よさ、モチベーションUP
・免疫力UP、疲労感緩和、安全性向上、睡眠の質UP
・湿度を調整、消臭・抗菌効果、ダニ防除効果
・子供の集中力UP
・生産性・作業性・業務効率UP
・地球環境保全に貢献、地元木材利用により地域貢献

59

国産木材大規模活用で目指す＜SDGsへの貢献＞

