

2024 年度成果報告書

グリーンイノベーション基金事業／

食料・農林水産業のCO₂等削減・吸収技術の開発／

「高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発」に関する
社会実装支援に向けた調査

2025 年 3 月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先： 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社

「高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発」 に関する社会実装支援に向けた調査

＜報告書＞

— 目 次 —

＜要約 和文＞	1
＜要約 英文＞	3
第1章 はじめに	5
I. 本事業の背景および目的	5
II. 等方性大断面部材について	5
III. 調査内容・方法	7
第2章 国内外における中高層建築物に適用可能な建材・製品に関する調査	8
I. 一般的な非木造構造	8
1. 建築構造・工法の概要と種類、特徴	8
2. 建築材料の特性	26
3. 環境配慮型コンクリート	32
II. 中大規模建築物の構造材となりうる木質建築材料	50
1. 直交集成板（Cross Laminated Timber：CLT）	50
2. Mass Ply Panel（MPP）	145
III. 比較・総括	155
1. コストに関する分析	155
2. コスト以外の価値に関する分析	180
第3章 等方性大断面部材の海外展開に関する調査	190
I. 調査対象国・地域の木材貿易量・生産量等の状況	190
1. 世界の木材取引量の実績と予測	190
2. 調査対象国・地域の木材生産量、貿易量、名目消費量	191
3. 日本からの木材輸出状況（2023年）	195
II. 調査対象国・地域における木材利用の動向	196
1. 米国	196
2. 台湾	215
3. ベトナム	219
4. シンガポール	221
5. フィンランド	223
第4章 等方性大断面部材の普及に向けた方向性	229
1. 等方性大断面部材の普及に向けて重要な観点（ヒアリング調査結果まとめ）	229
2. 建築材料として有望な用途	232

3. 建築材料としてのアピールポイント	234
4. 海外展開に向けた方向性	236
5. まとめ：等方性大断面部材の普及に向けた課題と対応の方向性	241
第5章 参考資料	245
I. ヒアリング調査の実施	245
1. ヒアリング調査先一覧	245
2. ヒアリング結果概要	245
巻末資料：研究発表・講演、文献、特許等の状況	256

＜要約 和文＞

NEDO では、グリーンイノベーション基金事業の 1 つとして、「高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発」を支援している。本調査では、等方性大断面部材の社会実装及び普及に向けて重要となる国内外の最新の技術動向、政策動向、需要動向等を調査し、当該プロジェクトの研究開発マネジメントに反映させることを目的とした。

調査では、国内外における中高層建築物に適用可能な建材・製品について、それぞれの建築材料としての特性、施工実績、製品製造・販売・施工に係る主要プレイヤーの動向、既存の販売動向・戦略、他材料との差別化の取組（特許の取得等）等の情報を、文献調査及びヒアリング調査より把握した。ヒアリングは、CLT に関する業界団体及び製造メーカー、非住宅の木造建築に取り組む施主・設計事業者・施工事業者、環境配慮型コンクリートの開発に取り組む事業者など、計 7 件実施した。また、等方性大断面部材の海外展開に関する調査として、既に中大規模の木造・木質化建築物の建築が進んでいる欧米と、今後そうした取組が進む可能性のあるアジアの 2 地域を海外展開の候補に設定し、注力すべき国を選定したうえで、それぞれの木材利用の実態や今後の意向を明らかにし、販売戦略を検討・提示した。

建築材料として等方性大断面部材が有望な用途については、大規模（中高層）建築物と、中小規模（低層）建築物に分けて分析する必要がある。大規模（中高層）建築物への等方性大断面部材の利用は、「RC 造、SRC 造とのハイブリッド構造での木材利用」、とりわけ「上層部での木造構造の採用」が考えうる。加えて、適材適所での木材の積極利用も重要である。中小規模建築物では、CLT による施工実績も蓄積されていることから、類似の性質を有する等方性大断面部材についても CLT の実績を参考に活用可能性を見出していくことが考えうる。こうした低層での競合は RC 造ではなく S 造であり、中高層建築物で RC 造と競合するよりは、場合によってはコスト競争力が生まれる可能性がある。

等方性大断面部材の建築物への利用に向けては、比較対象となる非木造（大規模建築物の場合は RC 造や SRC 造、中小規模建築物の場合は S 造）に対する木材利用のメリットを確保したうえで、等方性大断面部材が選択されるよう、CLT に対する等方性大断面部材の優位性を示す、もしくは CLT とのすみ分けの方策を提示していく必要がある。材料費・施工費を含め、コスト削減余地のある項目については削減に向けた取組に注力し、他材料とのコスト差を小さくする努力が求められる。

海外展開先の検討には、木材建築市場の存在がポイントとなる。米国はマスティンバー建築プロジェクト件数の増加や中高層木造建築を可能にする規制改訂に見られるように、現時点でも将来的にも木造建築市場の伸びが期待される市場である。また、台湾は日本からの CLT 輸出実績がある地域であり、法的な制約が将来的に緩和されれば、非住宅建築物での木造化が拡大する見込みがある。また、木造建築市場が存在するだけでなく、その国で日本の木材（特に CLT 等のマスティンバー）の輸入実績があり、日本産木材を扱った企業が存在することが判断基準の一つになりえる。その意味では米国と台湾は日本からの数少ない CLT 輸出相手国であり、日本産木材への慣れがある点で有力な海外展開先になると考えられる。

調査のまとめとして、2031 年度以降の社会実装に向けて必要と考えられる、等方性大断面部材に関する取組のロードマップを以下の通り提案した。

コスト低減に向けては、まずは等方性大断面部材の CLT と比しての強みである歩留まりの高さを活かし、製造コストの削減に取り組むことになる。この際にポイントとなるのは、CLT よりも使用量が大きくなる接着剤のコストであり、接着剤の使用量のミニマム化や高品質かつ低コストな接着剤の採用が重要となる。また、接合方法の開発は不可欠であり、等方性大断面部材と同時に売り込む必要があると考えられる。接合方法については、等方性大断面部材同士の接合、等方性大断面部材と他部材との接合の両パターンが考えられる。開発には金物メーカーや設計事業者等との連携を推奨する意見があった。等方性大断面部材が試作できるようになり、施工の実績を積み上げられるようになった段階では、施工費を含めたコスト削減効果の検証を進めるべきである。施工の省力化は類似製品の MPP でも最もアピールされている点であり、等方性大断面部材にとっても大きなアピールポイントの 1 つになることが見込まれる。今回調査では、低層の事務所や集合住宅等を、とくに防耐火の基準が適用されない地方部で建てること、高層建築においては上層の木造部分やそれ以外の非木造部分の床等に積極的に等方性大断面部材を利用しうることが示唆されたが、これらの事例を積み上げながら、有力な領域をさらに深掘りしていくべきである。

性能の発揮・アピールに向けた取組としては、建築用材としてやはり最も重視される耐火性能の確保に向けて、早期に着手すべきである。薄い板を重ね合わせるため薬剤の含浸性が CLT よりも高いと見込まれる特徴を活かし、薬剤注入による耐火性能や病虫害耐性、強度の確保等については等方性大断面部材が優位性を発揮しうることが念頭に、研究や実装の検討を進めうる。環境面（脱炭素）への貢献としては、誰もが共通して用いることのできる算定手法の確立・規格化を済ませたうえで、積み上がっていく施工事例においてその定量化・情報開示を積極的に行っていく。

ソフト面では、木材利用の意思決定をする施主や設計・施工事業者からニーズが高い、製品だけでなく建て方も含めたコンサルティング・支援に対応できる体制を構築する必要がある。製品や施工に関する相談窓口を明確にし、対外的に周知していく。窓口自体は早期に設置して、様々な相談を受けながら対応力を強化しておくこと、施工事例が積み上がってきた段階で設計・施工に関する情報を蓄積していくことが重要である。こうした建て方まで含めたサービス提供は、海外展開に向けても必須となる。

海外展開については、対象国について更なる市場調査早期に進める必要がある。そのうえで、現地国の視察や日本での等方性大断面部材を用いた施工事例への招聘などにより、相手国の商売相手とネットワークを構築することで、販路の開拓につながっていく。

<要約 英文>

As one of the Green Innovation Fund Project, NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) is supporting the development of “isotropic large cross-sectional timber” for the construction of high-rise wooden buildings. This survey aims to investigate the latest technological trends, policy trends, and demand trends domestically and internationally, which are important for the social implementation and dissemination of isotropic large cross-sectional timber, and to reflect these findings in the project’s R&D management.

The survey focused on building materials and products applicable to mid- and high-rise buildings domestically and internationally. Through literature and interview surveys, we gathered information on the characteristics of each building material, construction achievements, trends of major players involved in product manufacturing, sales, and construction, existing sales trends and strategies, and differentiation efforts from other materials. For the overseas expansion of isotropic large cross-sectional timber, we set Europe and the United States, where the construction of medium- and large-scale wooden buildings is already progressing, and Asia, where such initiatives are likely to advance in the future, as candidate regions. We selected key countries to focus on and clarified the actual use of wood and future intentions in each region, and proposed sales strategies accordingly.

For the promising applications of isotropic large cross-section timber as building materials, it is necessary to analyze separately for large-scale (medium to high-rise) buildings and small to medium-scale (low-rise) buildings. The use of isotropic large cross-section timber in large-scale (medium to high-rise) buildings could involve "the use of wood in hybrid structures with RC or SRC construction," particularly "the adoption of wooden structures in the upper floors." Additionally, it is important to actively use wood in the right places. For small to medium-scale buildings, considering the accumulated construction achievements with CLT, it is conceivable to find potential uses for isotropic large cross-section timber with similar properties by referring to the achievements of CLT. The competition in such low-rise buildings is with steel structures rather than RC structures, and there may be cases where cost competitiveness arises more easily than competing with RC structures in medium to high-rise buildings.

To promote the use of isotropic large cross-section timber in buildings, it is necessary to ensure the advantages of using wood over non-wood materials and to demonstrate the superiority of isotropic large cross-section timber over CLT or present strategies for differentiation from CLT. Efforts should be focused on reducing costs in areas where there is room for cost reduction, including material and construction costs, to minimize the cost difference with other materials.

When considering overseas expansion, the existence of a wooden building market is a key point. In addition, the presence of companies that handle Japanese wood (especially mass timber such as CLT) and have a track record of importing Japanese wood can be one of the criteria for judgment. In this sense, the United States and Taiwan are considered promising overseas expansion destinations due to

their familiarity with Japanese wood, being among the few countries that import CLT from Japan.

As a summary of the survey, we propose the following roadmap for initiatives related to isotropic large cross-section timber necessary for social implementation from fiscal year 2031 onwards.

To reduce costs, the first step is to leverage the high yield rate, which is a strength compared to CLT, and work on reducing manufacturing costs. The key point here is the cost of adhesives, which will be used in larger quantities than CLT. Minimizing the amount of adhesive used and adopting high-quality, low-cost adhesives are crucial. Additionally, the development of joining methods is essential and should be promoted simultaneously with isotropic large cross-section timber. Both joining isotropic large cross-section timbers together and joining them with other materials are possible scenarios. There was a recommendation to collaborate with hardware manufacturers and design firms for development. Once isotropic large cross-section timber can be prototyped and construction records are accumulated, the cost reduction effect, including construction costs, should be verified. Labor-saving in construction is a major selling point for similar products like MPP and is expected to be a significant appeal point for isotropic large cross-section timber as well. The survey suggested that building low-rise offices and apartment buildings, particularly in regions where fire resistance standards do not apply, and actively using isotropic large cross-section timber in the upper wooden parts or non-wooden floors of high-rise buildings, should be pursued. These examples should be accumulated while further exploring promising areas.

To demonstrate and promote performance, early efforts should be made to ensure fire resistance, which is the most critical aspect for building materials. By leveraging the characteristic that thin boards are layered, making them more permeable to chemicals than CLT, isotropic large cross-section timber can potentially excel in fire resistance, pest resistance, and strength through chemical treatment. Research and implementation should be considered with this advantage in mind. In terms of environmental contribution (decarbonization), a common calculation method that everyone can use should be established and standardized, and quantitative data and information disclosure should be actively pursued in accumulating construction examples.

It is necessary to build a system that can respond to the high demand for consulting and support, including construction methods, from clients and design/construction companies who make decisions about using wood. A clear consultation desk for products and construction should be established and widely publicized. The consultation desk should be set up early to strengthen response capabilities while handling various inquiries, and information on design and construction should be accumulated as construction examples increase. Providing such comprehensive services, including construction methods, is essential for overseas expansion. Regarding overseas expansion, further market research on target countries should be conducted early. By conducting local inspections and inviting business partners from the target countries to see construction examples using isotropic large cross-section timber in Japan, networks can be built, leading to the development of sales channels.

第 1 章 はじめに

I. 本事業の背景および目的

2020 年 10 月にわが国は「2050 年カーボンニュートラル」を宣言し、これを踏まえた成長戦略として「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定された。この戦略の実行を後押しするため、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に「グリーンイノベーション基金」が創設された（2021 年の創設時点で 2 兆円、その後増額）。同基金では、グリーン成長戦略で実行計画が策定されている重点分野において野心的な取組を実施する事業体に対し、10 年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援する。

グリーンイノベーション基金事業の支援対象は、経済産業省 産業構造審議会グリーンイノベーションプロジェクト部会で決定された分野別資金配分方針に基づき、3 つの WG（WG1：グリーン電力の普及促進等分野、WG2：エネルギー構造転換分野、WG3：産業構造転換分野）の下で 20 プロジェクトが示されている。WG3 の下でのプロジェクトの 1 つに「食料・農林水産業の CO₂ 等削減・吸収技術の開発」があり、「高層建築物等の木造化に資する等方性大断面部材の開発」はその下で実施されている。

基金事業においては社会実装及び普及に向けた研究開発が求められるため、既存製品との比較分析や商用化に向けた課題やボトルネックの特定を行い、明らかになった課題への対応が必要となる。

上記の背景を踏まえ、本調査では、等方性大断面部材の社会実装及び普及に向けて重要となる国内外の最新の技術動向、政策動向、需要動向等を調査し、当該プロジェクトの研究開発マネジメントに反映させることを目的とした。

II. 等方性大断面部材について

上述の通り、等方性大断面部材は、単板（原木を桂剥きのように剥いて薄い板状にしたもの）を多層直交積層した木質材料である。単板を直交する形で重ねることで、木材の異方性（縦方向に強いが横方向に弱い）の課題を解決することが可能とされており、壁材・床材等の面材としての利用が想定されて、開発が進められている。製品の概要は以下の通りである。

- 材料としての主な特徴
 - 等方性を有する
 - 歩留まりが高い
- 開発目標
 - 最大部材サイズ 3m×8m、最大厚み 300mm
 - 支点間距離 8m
 - 床用積載荷重 1,800N/m² 以上
 - 耐火 2 時間性能
 - 製造コスト 10 万円/m³ 以内

- 想定する用途・ターゲット
 - 木造率の低い中高層建築物、低層非住宅
 - 面材（床、壁 等）

◆ 等方性の定義：対象とする性能項目について、面内の二方向（0°方向及び90°方向）における強度性能値の差異が20%以下であること。

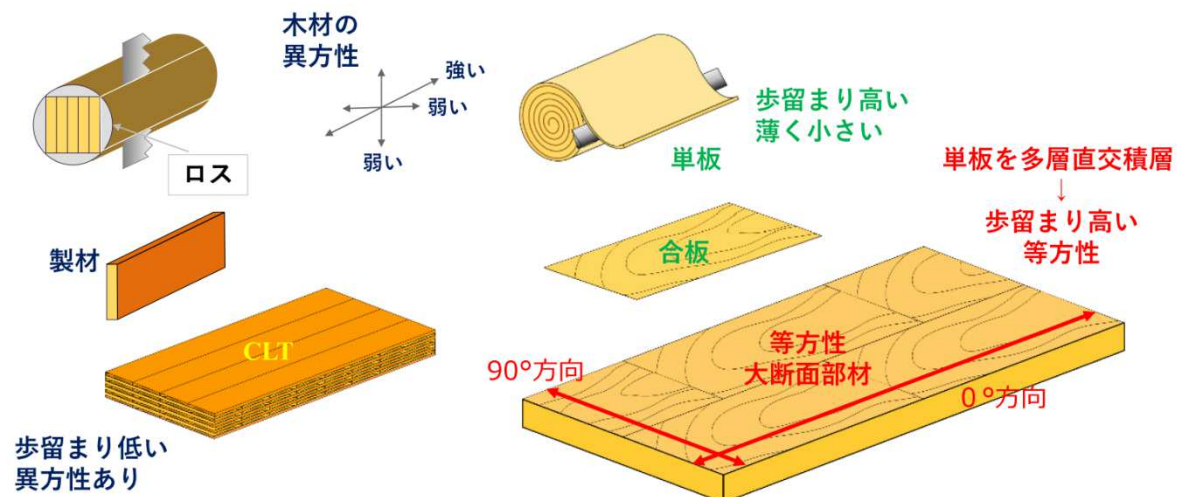


図 1 等方性大断面部材の製法と特徴

(出所) セイホク株式会社ほか「事業戦略ビジョン 産業構造審議会 WG 説明資料」より転載
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/021_08_00.pdf

III. 調査内容・方法

本調査事業では、下表に示す内容を実施した。調査結果は、第2章以降に示す。

表 1 本調査事業の内容・方法

調査・検討項目		調査内容及び方法
(1) 国内外における中高層建築物に適用可能な建材・製品に関する調査	①資料収集整理	● 競合製品と比較するための基礎情報として、まず「等方性大断面部材」そのものについて、グリーンイノベーション基金事業により蓄積されている情報を貴機構及び実施事業者から入手し分析を行った。 ● 等方性大断面部材の競合となりうる建材・製品について、それぞれの建築材料としての特性、施工実績、製品製造・販売・施工に係る主要プレイヤーの動向、既存の販売動向・戦略、他材料との差別化の取組（特許の取得等）等について、文献調査及びヒアリング調査より把握した。 ● 調査結果は、「調査対象建材・製品ごとの調査結果」「木材と非木質材料、木造と非木造の比較分析」のかたちでとりまとめた。
	②ヒアリング・現地調査	
(2) 等方性大断面部材の海外展開に関する調査	①資料収集整理	● 既に中大規模の木造・木質化建築物の建築が進んでいる欧米と、今後そうした取組が進む可能性のあるアジアの2地域を海外展開の候補に設定し、注力すべき国を選定したうえで、それぞれの木材利用の実態や今後の意向を明らかにし、販売戦略を検討・提示した。 ● 対象地域・国における、木材利用の動向、寄港可能海港、直近の木造・木質化建築物の普及状況、競合に関する分析等を把握した。 ● 調査(1)の結果も総合し、相手国問わず横断的に必要な取組事項と、国別の展開方策をとりまとめた。
(3) 協議・報告		● 調査の進捗管理のため、貴機構と定期的に打合せを実施した。

第2章 国内外における中高層建築物に適用可能な建材・製品に関する調査

I. 一般的な非木造構造

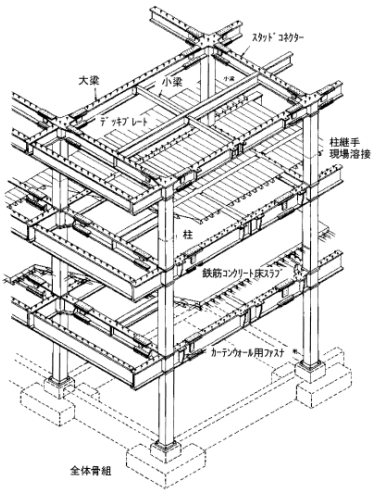
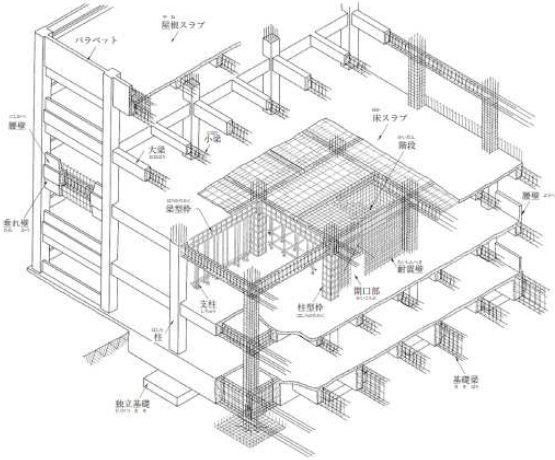
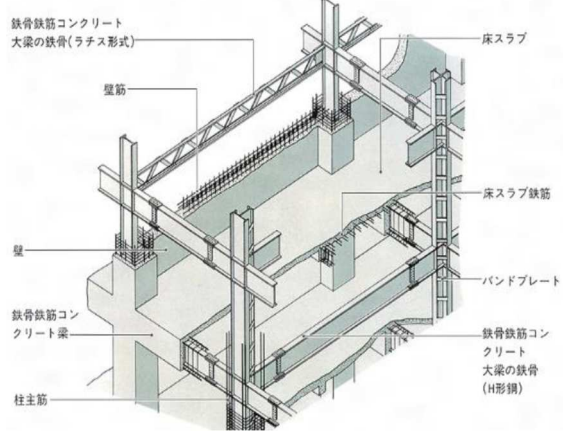
1. 建築構造・工法の概要と種類、特徴

1.1 総論

等方性大断面部材の競合となりうる建材・製品のうち、非木造構造である鉄骨造（S造）、鉄筋コンクリート造（RC造）、鉄筋コンクリート造（SRC造）それぞれについて、主な構造や工法、特性、施工実績等を取りまとめた。

表 2 非木造構造種別の概要

	鉄骨造（S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）
構造概要	● 建物の骨組みに鉄骨を使用する構造 ● 骨格材の厚さが6mm未満のものは「軽量鉄骨構造」、6mm以上のものは「重量鉄骨構造」に区分される	● 建物の柱や梁などの強度が求められる部分を中心に、鉄筋を汲んだ枠へコンクリートを流し込んだ素材を使用する構造	● 鉄骨を支柱とし、その周囲に組んだ鉄筋の枠にコンクリートを流し込んだ素材を使用する構造

	鉄骨造 (S 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)
建築 構造 例			
主な 用途	低層階のアパート・マンション、ビル 平屋の倉庫、工場、体育館	集合住宅等中低層建築物	高層や大スパンを有する大規模構造物
法定 耐用 年数	19 年 (軽量) 34 年 (重量)	47 年	47 年
標準 スパン	10～20m 程度	6m～10m 程度	15m 程度

(出所) 日本建築学会「構造用教材」等に基づき MURC 作成

1.2 S 造

1.2.1 主な構造

(1) 重量鉄骨造

主に使用される鋼材の厚さが 6mm 以上の鉄鋼造を指す。高層建築物などで使用されることが多く、梁と柱が溶接により剛接合（ブレース構造やトラス構造のような斜めの部材が不要）される「重量鉄骨ラーメン造」による建築が中心である。

柱は角形鋼管で、ダイヤフラムと呼ばれる梁と柱の一部を組み合わせて溶接、取り付けした梁付き柱を工場で生産し、建築現場に運び込む流れが一般的である。

軽量鉄骨造に比較して柱が太く、内部に構造壁がないため、広く自由な空間を設けることが出来るほか、大きな窓を設けることも可能となる。軽量鉄骨造との間で明確な用途の違いがあるわけではないが、両者の区別が使用される鋼材の厚さによることから、一般的には、建築物の強度によって構造が選択されうるといえる。

(2) 軽量鉄骨造

使用される鋼材の厚さが 6mm 未満の鉄鋼造を指す。主に、鉄骨プレハブ系住宅メーカーで、住宅やアパート向けに使用されている工法である。構造原理は、基本的に柱・梁および筋交いで構成された木造在来工法と同じであり、柱・梁の部分を軽量鉄骨に置き換え、筋交い部分をブレース（×状に組まれた鋼線）等に置き換えて強度を保っている。

構造体を全て工場で作ることが可能であり、現場では組み立てるだけで作業が完了するため、工期が早い上に品質が安定し、建築費用が抑えられる。

1.2.2 主な工法や用途

(1) 主な工法

S 造建築は、主に構造用鋼材を溶接又はボルト・アンカーボルトによって接合して組み立てる流れとなる。工程は、大きく①工作図・制作要領書の作成、②孔明け・切断、③組立、④溶接、⑤錆止め塗装、⑥搬入・現場組立の手順を踏む（図 2）。

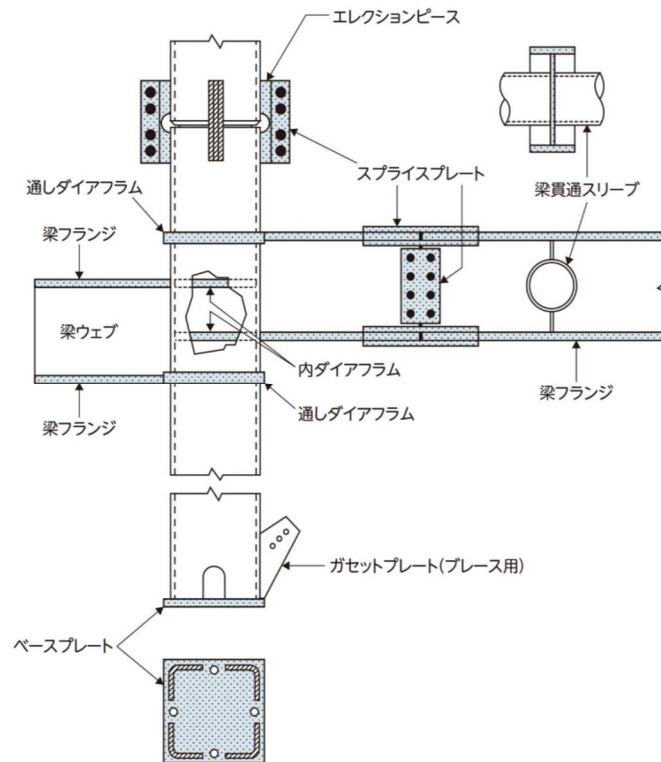


図 2 一般的な鉄骨製作図

(出所) 一般社団法人全国鐵構鋳業協会 (https://jsfa-web.jp/wp-content/uploads/2022/11/09_shinjin_buzai.pdf)

使用される材料は鋼材であり、建築基準法で JIS 適合品または国交大臣認定品を使用することが義務付けられている。鋼材は、角形鋼管（コラム・角パイプ）、円形鋼管（鋼管・丸パイプ）、H 形鋼、溝形鋼（チャンネル）、山形鋼（アングル）、リップ溝形鋼（C 形鋼、C チャンネル）が主な種類であるが、用途によって使い分けられている。鋼管では、JIS 適合品（STKR）と国土交通大臣認定品（BCR、BCP など）がある。円形鋼管では、JIS 適合品（STK、STKN）がある。H 形鋼では、JIS 規格に定めるロール H と、板を組み立てて形にするビルト H があり、材質は JIS 適合品（SS、SM、SN）である。SS、SM 鋼は、従来から建築鉄骨に使用されてきた鋼材である。一方で、かつて JIS 規格では規定している性能項目が少なかったため、耐震性能を加えた SN 鋼が規格化されている（表 3）。

表 3 構造用鋼材の JIS 規格

規格番号	規格名
JIS G 3101	一般構造用圧延鋼材（SS）
JIS G 3106	溶接構造用圧延鋼材（SM）
JIS G 3136	建築構造用圧延鋼材（SN）
JIS G 3444	一般構造用炭素鋼鋼管（STK）
JIS G 3475	建築構造用炭素鋼鋼管（STKN）
JIS G 3446	一般構造用角形鋼管（STKR）

(出所) 日本産業標準調査会（JISC）の検索をもとに MURC 作成

(2) 主な用途

国内の建築鉄骨市場では、主に低層建築の用途に用いられることが多い。低層階のアパート・マンション、ビル等のほか、平屋の倉庫、工場、体育館などで使用される。

1.2.3 建築物が有する一般的な特性

(1) 強度

部材の品質にばらつきが生じにくく、工場生産が主なため、比較的強度が高い。重量鉄骨造を採用した場合は、より強度が高まる。

(2) 比重

軽量鉄骨を使用することにより軽量化が比較的容易である。基礎、杭への負担も少ないため、耐震上も有利となる。

(3) 剛性

剛性は比較的不足しており、振動が伝わりやすいため、揺れや振動対策に課題がある。

(4) 耐火性・耐震性・断熱性・居住性

耐火性は比較的高いものの、熱によって鉄骨の強度低下が生じる。準耐火構造とするのは容易であるが、耐火構造とするためには耐火被覆等の追加の施工が必要となる。

(5) 断熱性

外気温の影響を多分に受けるため、断熱性は弱い。

(6) 遮音性

軽量鉄骨、重量鉄骨を問わず、周囲からの音が伝わりやすく、遮音性能は低い。

(7) 耐震性

構造躯体の強度や、接合部分の強度、基礎の強度に依存するが、鋼鉄自体の強度は高く、比較的耐震性は高い。

(8) 耐久性

工場で製作された高品質の外壁材などを採用することで、比較的耐久性を担保することが出来るが、性能を維持するためには、外壁材等の仕上げや継目の止水剤を使用したメンテナンスが必要となる。S 造の耐久性に影響を与えるのは、主に鉄骨部分の錆である。錆の進行によって肉厚部分がやせて強度が低下する。施工時の防錆加工や表面処理によって対応が可能である。また、耐火性を高める耐火被覆を施すことにより、法定耐用年数上でも木造建築に比較して、耐久性に優れていると評価される。法定耐用年数は、軽量鉄骨造が 27 年、重量鉄骨造が 34 年である。

(9) 加工性

製作図の作成や部材の工場での加工など、準備段階の期間は必要なものの、現場加工も少なく、工期が短縮される。

1.2.4 施工実績

(1) 市場動向等による経緯

我が国では、S 造は戦前から鉄道施設や旧海軍施設で多く導入され、八幡製鉄所からの国産の鉄鋼が安定的に供給されたことによって、建築に広く用いられることとなった。一方で、以前から濃尾地震を契機に鉄鋼の建築への活用が模索されており、1900 年以降、本格的に耐震性を備えた S 造の建築物が増加した。

(2) 政策等による経緯

我が国の S 造建築は 1900 年代に本格化するが、日本国内で安定的に国産鋼の供給が実現したことが大きく影響している。官製八幡製鉄所の創業や、同製鉄所による鉄骨の製造、建築基準法改正による高さ制限の撤廃による強度を高めた鉄骨技術の促進、接合技術開発の触発も間接的に影響する。また、戦後の住宅不足に対応するために、国主導で住宅建築の工業化を推進したことによって、鉄骨を用いたプレハブ技術が浸透したことも一因である。

今後、市場でも S 造建築物の需要は安定して見込まれるほか、近年、建築現場でのサーキュラー・エコノミーの取組みの一環で、鉄骨造に投入される鉄資源の国内資源循環の推進が進むと考えられる。

(3) 製品製造・販売・施工に係るプレイヤー・販売戦略等の事例

日本国内では、S 造の安定した需要と成熟した市場を背景に多くの企業が鉄骨の製造に関わっている。近年では、顧客のニーズに応じた施工プランや施工費用の提示、日本で蓄積した技術を活用した海外展開が志向されている（表 4）。

表 4 国内の鉄骨造メーカー等の動向

プレイヤー	概要
ボラスグランテック（株）	低コストの木造建築に対抗するため、個人住宅向けの軽量鉄骨造建築「Ligare」を展開。顧客の予算に柔軟に対応し、3 千～5 千万円台の幅を持たせた価格帯で商品を提供。
積水ハウス（株）	2024 年 4 月積水ハウスが、米大手ハウスメーカーである M.D.C. ホールディングスを買収し、新築住宅の供給を開始。日本で培われたプレハブ技術を用いて、軽量鉄骨造の大量供給を目指す。
大和ハウス工業（株）	同社は、2022 年 11 月にドイツにモジュラー建築の製造拠点を開設し、ドイツが直面する住宅不足に対応するための鉄骨ユニット住宅製造工場を導入。

(出所) 各社プレスリリース資料をもとに MURC 作成

(4) 他材料との差別化の取組（特許の取得等）

既述の通り、すでに日本国内では S 造の市場は成熟しており、技術も確立している。近年では、S 造の製造そのものに関する特許ではなく、S 造の耐火性を向上させる等の付加価値をつける特許の出願が目立つ。

◇ S 造の耐火被膜構造（特開 2024-099061）：（株）竹中工務店

鉄骨部材の耐火性能の低下を抑制することを目的として、鉄骨を構成する鋼管とその周囲に耐火被覆構造を施すもの。

◇ 鉄骨梁の耐火被覆構造（特開 2024-127726）：大成建設（株）

シート状の耐火被覆材を用いて作業者の安全性を確保しつつ、鉄骨梁に効率よく耐火被覆を取り付ける構造。

◇ 鉄骨梁の耐火被覆構造（特開 2024-046427）：積水ハウス（株）

S 造建築物の耐火被覆工法に使用される冷間圧延鋼材に対して、下塗材の塗布を省いても耐火塗料の付着性を好適に確保し得る耐火被覆鋼材の製造。

1.3 RC 造

1.3.1 主な構造

(1) 壁式構造（パネル式構造）

柱や梁ではなく、四方の壁、床、天井の各面によって空間を構成し、建物全体を支える構造である。柱や梁で支えるラーメン構造よりも頑丈で、より耐震性に優れる。柱や梁が空間内に出っ張らないため、デッドスペースができにくく、空間の自由度が高い。低～中層の建築物に多く活用される構造である。

一方で、開口部の位置や大きさ、数の変更に制限があり、ラーメン構造に比べるとリフォーム・リノベーションに制限が生じる。

(2) ラーメン構造

垂直方向に建つ「柱」と、「柱」をつないで水平方向にかけられる「梁」で一体化した骨組みで構成された構造である。本構造は、柱と梁で強度を確保するため、ブレース（筋交い）や耐力壁を必要とせず、窓や扉、シャッターなどの大開口や、空間の自由度が向上し、狭小地での建築にも適している。

1.3.2 主な工法や用途

(1) 主な工法

現場作業以降の工程は、主に、①基礎工事（基礎配筋・基礎型枠）、②基礎コンクリート打設、③壁配筋工事、④壁型枠工事、⑤スラブ配筋工事、⑥スラブ型枠工事、⑦コンクリート打設の流れとなる。コンクリート打設にあたっては、現場打ち工法だけでなく、コンクリート部材製造を工場で行い、現場で接合・組み立てする方式、鋼構造との組み合わせによるコンクリート充填鋼管構造（CFT 構造）の方式にも発展している（図 3）。

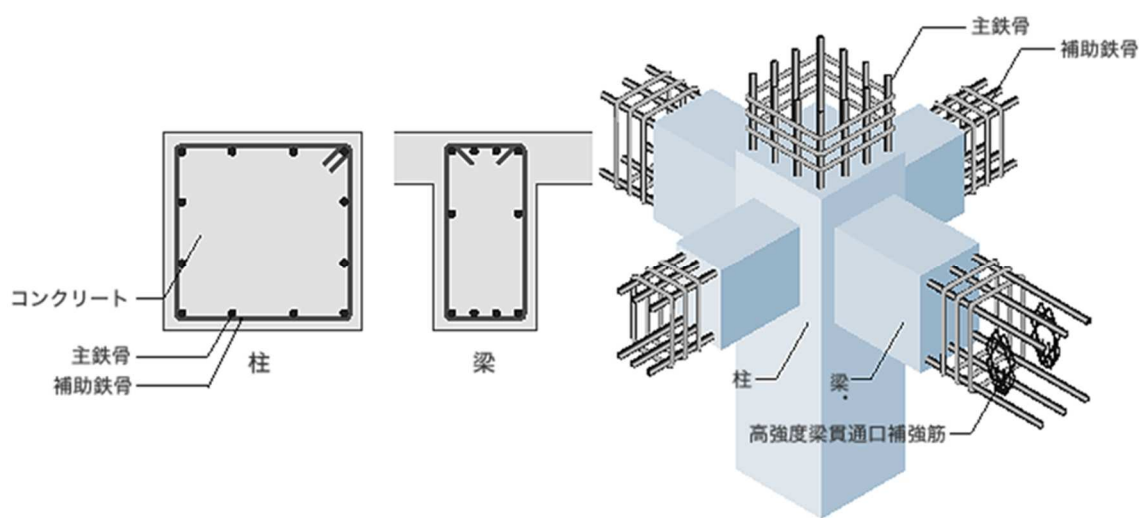


図 3 一般的な鉄筋コンクリート製作図

（出所）日本製鉄株式会社建材カタログ (<https://www.nipponsteel.com/product/construction/list-construction/construction.html>)

鉄筋コンクリートは、鉄筋を用いたコンクリートで、外力に対して両者が一体となって働くものをいう。鉄筋は、コンクリートに埋込んでコンクリートを補強するために用いる棒鋼材を指し、普通丸鋼と異形棒鋼（異形鉄筋）に分かれているが、我が国では、異形棒鋼が主に使用される。

鉄筋は、JISG3112 で規定される。丸鋼は SR235・SR295、異形棒鋼は SD295A・SD295B・SD345・SD390・SD490 で定められている。また、JIS 規格だけでなく、国土交通省認定による製品も存在する。JIS 規格では、機械的性質・化学成分・形状等で分類されている。コンクリートは、強度・耐久性・水密性等の品質を担保するための規定が存在する。強度は JIS5308 にて規定されているほか、設計基準強度 F_c 、耐久設計基準強度 F_d 、品質基準強度 F_q 、調合管理強度 F_m が存在する。耐久設計基準強度 F_d の基準は、日本建築学会出版「JASS5」で定める耐久性能に準じる（表 5）。

表 5 鉄筋に関する規格

規格番号	耐力 (N/m ²)	引張強さ (N/m ²)	伸び (%)
SR235	235 以上	380～520	20 以上、22 以上
SR295	295 以上	440～600	18 以上、19 以上
SD295A	295 以上	440～600	16 以上、17 以上
SD295B	295 以上	440 以上	16 以上、17 以上
SD345	345 以上	490 以上	18 以上、19 以上
SD390	390 以上	560 以上	16 以上、17 以上
SD490	490 以上	620 以上	12 以上、13 以上

(出所) 日本製鉄株式会社建設用資材ハンドブック

(<https://www.nipponsteel.com/product/construction/handbook/pdf/5-25.pdf>)

(1) 主な用途

生コン・ポンプ工法が一般化し、型枠工法の効率化が進んだことや分業化が浸透したこと、コンクリートの硬度化に成功したことから、低層階だけでなく、高層建築や大規模構造物への用途が拡大している。費用はかさむが戸建て用途へも使われることがある。

1.3.3 建築物が有する一般的な特性

(1) 強度

太さ 1cm 以上の鉄鉄筋とコンクリートの組み合わせによって比較的高い強度を有する。

(2) 比重

比較的大きく、基礎や杭への負担が増加する。

(3) 剛性

剛性が比較的高く、高層階でも居住性が維持される。

(4) 耐火性

耐火性は良好で、耐火被覆の処理も不要となる。耐火構造にするのも容易である。

(5) 断熱性

コンクリートの気密性を活かした断熱性を発揮するものの、熱伝導性は高いため夏場は高温になりやすい傾向にある。

(6) 遮音性

構造上密度の高いコンクリートが外部からの音と内部の音を遮断するため、遮音性が高い。

(7) 耐震性

耐震性は一般的には良好であるが、地震力が大きくせん断破壊に対しては脆さがある。

(8) 耐久性

工場で製作された高品質の外壁材などを採用することで、比較的耐久性を担保することが出来るが、性能を維持するためには、外壁材等の仕上げや継目の止水剤を施す等のメンテナンスが必要となる。RC 造の耐久性に影響を与えるのは、主に内部鉄筋の錆発生に起因する躯体の劣化である。一方で、近年は施工段階において鉄筋等に対する防錆や、施工後に露出した鉄筋等に対する防錆を施すことが一般化しているほか、コンクリートの中性化によってコンクリート内部の錆の進行は防がれている。耐用年数は、一義的には法定耐用年数によるが、木造建築に比較しても、長い耐用年数が設定される。法定耐用年数は、住宅用で 47 年である。

(9) 加工性

製作図の作成や部材の向上での加工など、準備段階の期間は必要なものの、現場加工も少なく、工期が短縮される。

1.3.4 施工実績

(1) 市場動向等による経緯

RC 造は、S 造に続いて建築現場で根付いた構造である。それまでは、1914 年に竣工した旧東京駅にみられるような鉄骨で補強した煉瓦造が主流であった。大正期に入り、オフィスビルの需要が急増したことから、建築基準法（旧市街地建築物法）において、約 30m の高さ制限（10 階建て相当）が定められる。

1912 年には、三井不動産がはじめて RC 造の高層オフィスビルを日本橋に建設した。続いて、三菱地所が丸の内に丸ビルの竣工に乗り出し、その際に施工を担当したのが、米フラー社であった。当時、米国の超高層オフィスビルがすべて S 造であったことから、これを契機に日本でも S 造を中心に採用することとなった一方で、関東大震災によって両建物が大きく損壊したことから、我が国の大型ビルは米国式の鉄骨造ではなく、RC 造を採用することとなった。

RC 造は鉄骨に比して施工費用が高止まりするが、高度経済成長やバブル期と、大規模建築のニーズが合致し、費用に影響されず普及を後押ししたと思われる。

また、日本では特に耐震性が重視されるため、高強度コンクリート技術や耐震ダンパーや制震構造といった免震技術を組込める RC 造が注目された。

(2) 政策等による経緯

コンクリート構造の建築が普及するのは、関東大震災以降であるが、鉄鋼と同様に、政府主導でセメント技術開発と民間の製造支援が後押しとなって、産業として確立した経緯がある。

特に RC 造は、他の工事に比べて環境負荷が高く、特にコンクリート工事で CO₂排出量が増加する傾向にある。RC 造に多く投入される鉄筋は、建物解体現場でも多く排出さ

れる廃材の 1 つであるが、これらもサーキュラー・エコノミーの観点から再資源化の取組みが進む。また、建物解体時に発生する廃コンクリートは、建築リサイクル法の整備も伴って、リサイクルへの取組みが進んでいる。

(3) 製品製造・販売・施工に係るプレイヤー・販売戦略等の事例

RC 造を取り巻く市場は、鉄骨造と同様に我が国では成熟しており、各社で海外展開が模索されているほか、鉄鋼メーカーが鉄筋コンクリート用の棒鋼を提供している（表 6）。

表 6 国内の鉄筋コンクリート造メーカー等の動向

プレイヤー	概要
三井住友建設（株）	日本国内で培われたプレキャストコンクリート（PCa）部材を用いたスクライム工法技術を用いて、工期短縮・高品質・経済性と施工性を備えた工法を東南アジア中心に展開。
共英製鋼（株）	同社の鉄筋コンクリート用棒鋼をベトナムにて電炉生産し、ベトナムの鉄鋼市場に供給。

（出所）各社プレスリリース資料をもとに MURC 作成

(4) 他材料との差別化の取組（特許の取得等）

既述の通り、すでに日本では RC 造の技術は確立しているが、同構造の耐震性をより強化させる技術や、施工性を高めるための特許の出願が目立つ。

◇ 耐震性を有した接合構造（特願 2024-062937）：鹿島建設（株）

RC 耐震壁を鉄骨造のフレームに強固に接合できる接合構造等を提供するもの。

◇ 既存建物からの建て替え方法（特開 2023-024917）：大成建設（株）

既存建物の躯体解体と新築建物の躯体構築を並行して進めることを特徴とする存地下躯体を解体して新築建物に建て替える建物の建て替え方法。

◇ 既存建物の外付け鉄骨造補強架構（特開 2024-074485）：（株）新井組

RC 造架構を有する複数階の既存建物の外壁に沿って、S 造ユニット補強架構を複数段組み上げて構成する外付け鉄骨造補強架構を設けることによって、外付け S 造補強架構の基礎を新設しなくても済むようにする外付け S 造補強架構を提供。

1.4 SRC 造

1.4.1 主な構造

(1) 非充腹型構造

1900 年代より、SRC 造が採用され始めた段階で普及した構造である。ラチス材や格子材アングル材を組み立てて 1 つの部材とするものであり、当初は広く採用されていたが、

阪神淡路大震災による SRC 造建築物の倒壊が多発し、充腹型への移行が進んだ。

(2) 充腹型構造

H 形鋼を始めとしたフルウェブが用いられており、耐久性に優れている。1981 年の新耐震設計法が施行された頃から普及が加速した。一方で、施工性が低いため、高強度コンクリート技術の発達やコンクリート充填鋼管構造の発展により選択されにくくなりつつある。

1.4.2 主な工法や用途

(1) 主な工法

鉄筋コンクリート構造 と、鉄骨構造を一体化し、両構造の長所を増幅した構造を有する。鉄筋コンクリート構造に比べて、梁の断面寸法を小さくすることが可能である。使用する鋼材は、H 形鋼と鉄筋、鋼板の組み合わせとなる（図 4）。

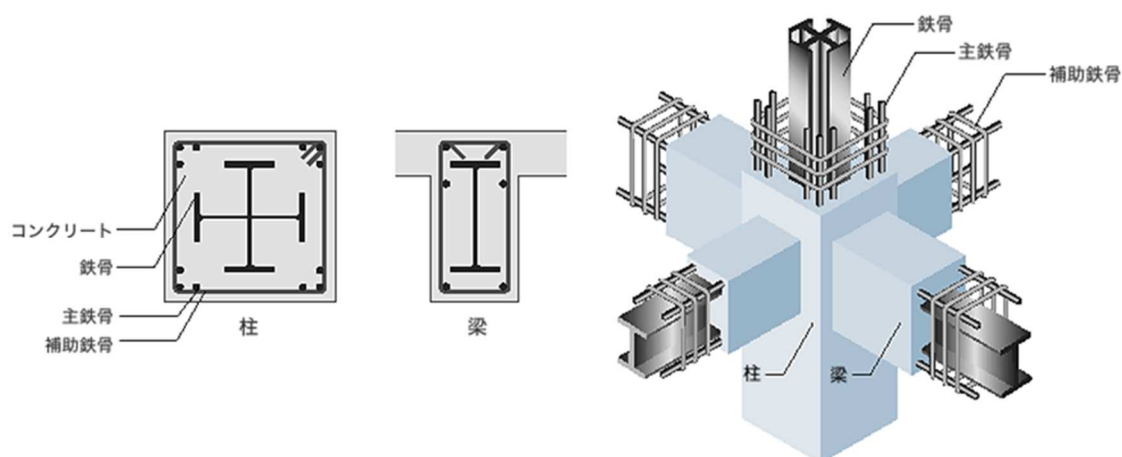


図 4 一般的な鉄骨鉄筋コンクリート製作図

（出所）日本製鉄株式会社建材カタログ（<https://www.nipponsteel.com/product/construction/list-construction/construction.html>）

H 形鋼は、JIS G3136 に規定される SN400・SN490、JIS G3106 (SM) に規定される SM400・SM490、JIS G3101 (SS) に規定される SS400 がある。

鉄筋は、JIS G3112 で規定される。丸鋼は SR235・SR295、異形棒鋼は SD295A・SD295B・SD345・SD390・SD490 であり、国土交通省認定品も存在する。JIS 規格では、機械的性質・化学成分・形状等で分類されている。

構造用鋼板は、大きく普通鋼板と抗張力鋼板に分類され、JIS G3101、G3106、G3131、G3136、G3128、G3140 に規定がある。いずれも鋼板の厚さと化学成分により分類される。

(2) 主な用途

SRC 造は、施工費用が高額なため、損益分岐を考慮して主に 10 階以上の高層マンションやビル等大規模建築物が主な用途となることが多い。そのため、多くが高層ビルやタワーマンションで採用される。

1.4.3 建築物が有する一般的な特性

(1) 強度

RC 造と S 造を一体化し、両構造の長所を増幅した構造であり、高い強度を有する。

(2) 比重

比較的大きく、基礎や杭への負担が増加する。

(3) 剛性

剛性が高く、高層階でも良好な居住性が維持される。

(4) 耐火性

耐火性は良好で、耐火被覆が不要である。

(5) 断熱性

コンクリートの気密性を活かした断熱性を発揮する。

(6) 遮音性

構造上密度の高いコンクリートが外部からの音と内部の音を遮断するため、遮音性が高い。

(7) 耐震性

地震力が大きいものの、高強度であるため耐震性には優れている。

(8) 耐久性

RC 造に比較してひび割れの発生を抑えることが出来るほか、コンクリートの外壁となるため耐久性に優れる。SRC 造は、耐震性・耐火性・耐久性に大きく有利である。耐用年数は、一義的には、法定耐用年数によるが、木造建築に比較しても、長い耐用年数が設定される。法定耐用年数は、47 年である。

(9) 加工性

現場加工が主となり、工期が長く必要な現場労務量が多くなる傾向にある。鉄骨工事と鉄筋コンクリート工事の両方が必要となるほか、コンクリートを現場養生する必要がある。柱自体の強度が高いため、スパンを広く取ることができ、少ない本数の柱で大きな空間をつくれることから設計の自由度は高い。

1.4.4 施工実績

(1) 市場動向等による経緯

米国に倣って 1900 年以降普及した S 造は、関東大震災によって耐震性に不安があることが露呈した。そのため、震災後に多く導入されたのが、日本興業銀行本店で採用された SRC 造であった。RC 造は、耐火性とある程度の耐震性は有するものの、建物の自重が大きく高層化に不利であったため、当時ニーズが高まっていた高層建築では、SRC 造が選択された。鉄骨と鉄筋コンクリートの双方の欠点を相殺する SRC 造は、耐震壁による地震への備えも相まって現実的な対処法として有効であったと思われる。

また、耐震性に影響を及ぼす鉄骨柱梁の接合部分は、かつてリベット打ちやボルトによって行われていたが、溶接技術の進展によって、さらに耐震性が強化された。戦後、鉄鋼の安定的供給が実現したほか、接合技術や耐火被覆技術の発達によって、超高層ビルは SRC 造が採用されることとなった。

(2) 政策等による経緯

SRC 造の普及は、RC 造と同様に市場からのニーズによって普及した経緯が大きい。RC 造の研究・普及と並行して発展した。RC 造が関東大震災以降採用されるに伴って、SRC 造についても耐震・耐火構造の研究が始まって以降、高い耐震性が認められ、主に中高層建築物を対象とした我が国独自の工法として発展した。

1958 年に「鉄骨鉄筋コンクリート計算規準・同解説」（以後、SRC 規準）が出版されて以降、改訂を重ねて設計法が整備され、建築基準法との整合も図られた。

(3) 製品製造・販売・施工に係るプレイヤー・販売戦略等の事例

SRC 造の耐震性を活かした低層階、集合住宅等向けの用途が検討されているほか、高止まりする施工費用を抑える取組が存在する（表 7）。

表 7 国内の鉄骨鉄筋コンクリート造メーカー等の動向

プレイヤー	概要
(株) フジワラテッペイ アーキテクツラボ	鉄筋コンクリート（RC）造の壁式構造と鉄骨柱の組み合わせにより、大開口と自由な住戸プランを実現した集合住宅（代々木テラス）の設計を担当。 主に高層建築向け、かつ建築コストが高止まりする SRC 造を設計段階から採用するのではなく、鉄筋コンクリート造と鉄骨柱の混構造による設計を採用。

(出所) 各社プレスリリース資料をもとに MURC 作成

(4) 他材料との差別化の取組（特許の取得等）

SRC 造はその施工性に弱点があるため、それを解消するための施工方法に関する特許の出願が目立つ。

◇ SRC 造の接合構造の施工性向上（特開 2024-123424）：(株) 竹中工務店

SRC 造の SRC 梁の側部に S 造の鉄骨梁の端部を接合する接合構造において、鉄骨梁に接合されるガセットプレートを有する接合部材を SRC 梁の埋設鉄骨部に対して溶接により強固に接合するにあたり、施工性向上を実現。

◇ 柱基礎構造及び柱基礎構造の施工方法（特開 2024-070558）：（株）大林組

RC 造の基礎と基礎の上に設置される SRC 造の柱を有する基礎構造の場合に、非埋込み型の柱脚構造を採用しつつ、柱脚部において鉄筋コンクリート部分で力を負担し易い新規な構造を提供。

◇ 柱基礎構造及び柱基礎構造の施工方法（特開 2023-146343）：（株）奥村組

一部に RC 造を含む SRC 造の建築物であって、隣接する柱の間に架設された複数の梁のうち少なくとも一部の梁において、梁のサイズを過大にする必要がないとともに、構築作業の簡易化を図ることが可能な建築物及びその構築方法を提供。

1.5 一般的な非木造構造と木造の比較

1.5.1 構造種別ごとの建築コスト

実際に市中に存在する建築物をもとに、構造種別ごとの建築コストを比較することは容易ではないため、国土交通省が実施している建築工事費調査の定量データをもとに、日本国内全体における建築物の構造種別ごとのコスト比較を行った。

令和 5 年度時点の我が国における着工建築物について、その 41%は木造建築物であり、続いて 34%は S 造、22%が RC 造と続く（図 5）。

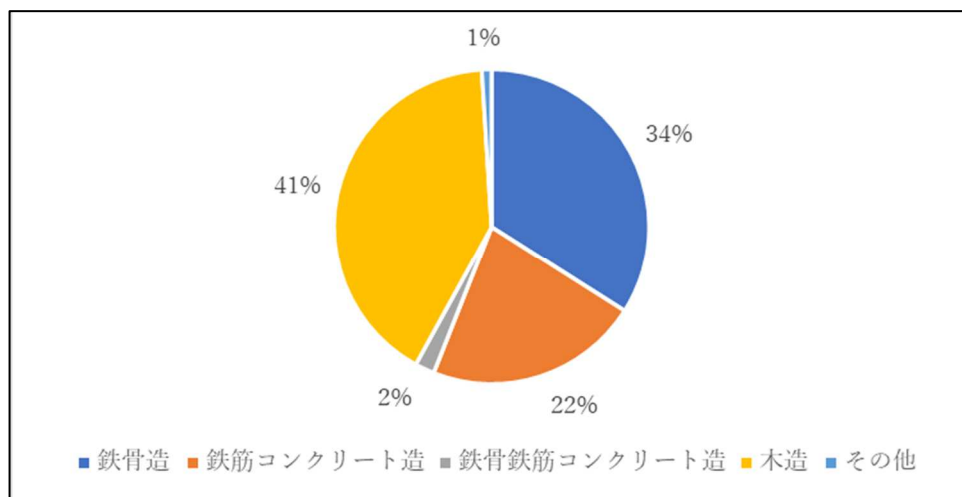


図 5 日本国内における建築物構造種別割合 (%)

(出所) 国土交通省建築工事費調査（令和 5 年度）に基づき MURC 作成

構造別の建築コストを比較した場合、坪単位ごとの構造種別建築費は、平均 84.8 万円であり、その中でも木造は、住宅をはじめとする低層建築物が多いこともあり、もっとも安価である（図 6）。

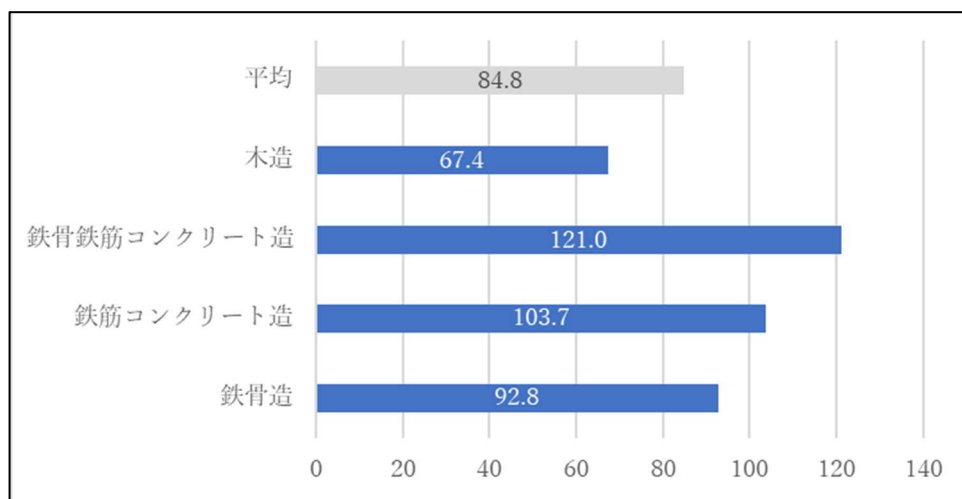


図 6 構造別建築費（万円/坪）

（出所）国土交通省建築工事費調査（令和 5 年度）に基づき MURC 作成

また、年度別の建築コストの推移をみると、SRC 造を除き、いずれも 2023 年時点で円安などにも伴う原材料費の高騰で、コストは高止まりしている（図 7、図 8、図 9、図 10）。

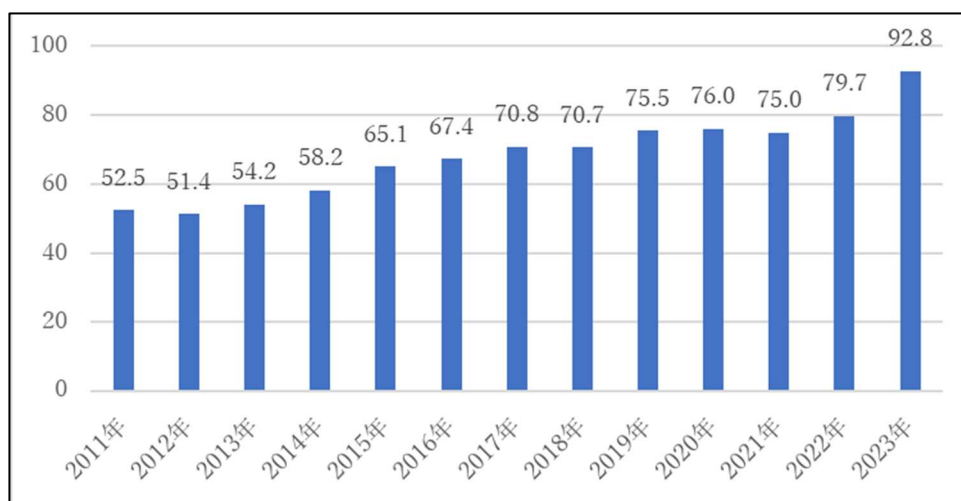


図 7 【S 造】年度別建築費推移（万円/坪）

（出所）国土交通省建築工事費調査（令和 5 年度）に基づき MURC 作成

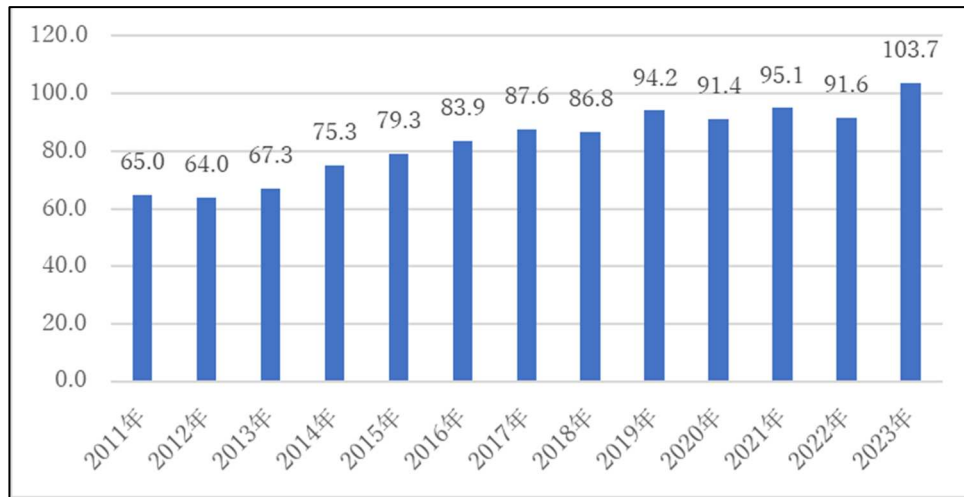


図 8 【RC 造】年度別建築費推移 (万円/坪)

(出所) 国土交通省建築工事費調査 (令和 5 年度) に基づき MURC 作成

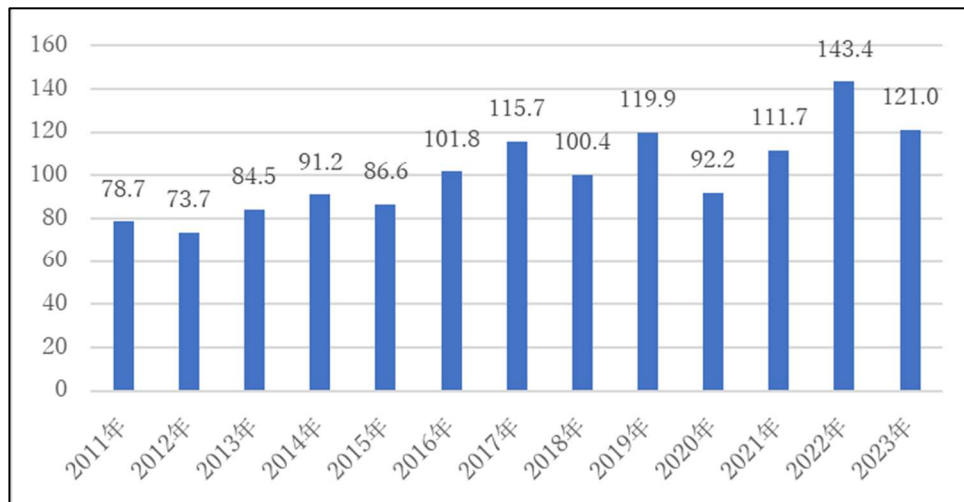


図 9 【SRC 造】年度別建築費推移 (万円/坪)

(出所) 国土交通省建築工事費調査 (令和 5 年度) に基づき MURC 作成

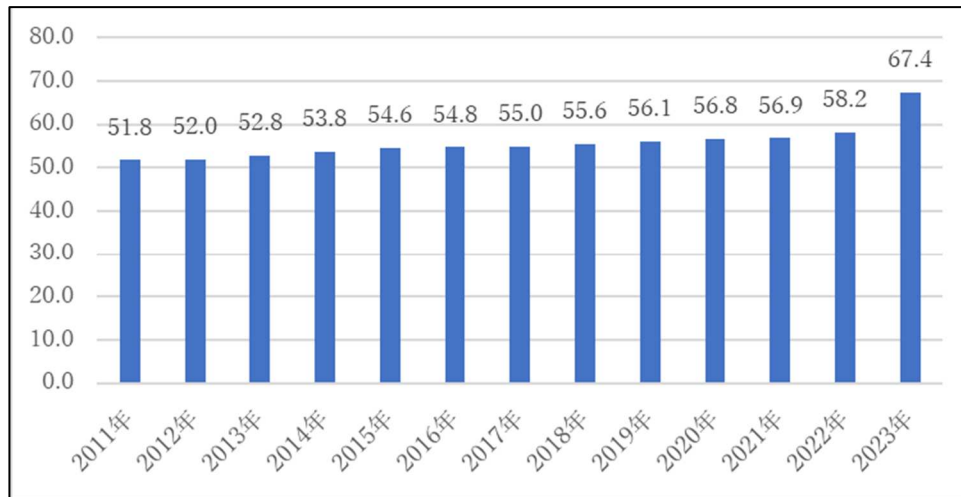


図 10 【木造】年度別建築費推移 (万円/坪)

(出所) 国土交通省建築工事費調査 (令和 5 年度) に基づき MURC 作成

1.5.2 その他の性能 (環境性能等)

建築分野では、かねてよりカーボンニュートラル実現に向けた取組みが様々行われてきた。省エネルギー化や再生可能エネルギーの導入拡大による建物運用段階の取組みはすでに社会に浸透しているが、建設資材の製造から施工段階も含めて、建築物のプライチェーン全体で CO₂ 排出量を把握するとともに、排出量低減に向けた取り組みが行われている (表 8)。

表 8 鉄鋼建築資材の CO₂ 排出量原単位

建築資材	CO ₂ 排出量原単位 ((ton-CO ₂ /ton))	
	リサイクル効果を考慮	リサイクル効果を排除
形鋼	0.874	1.618
鋼板	0.857	2.110
棒鋼	0.753	1.541

(出所) 日本建築学会「建物の LCA 指針」(<http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s5/guideline.html>)

さらに、2018 年には、鉄鋼連盟が主導して鉄製品の LCA 手法を国際規格化した¹。その他鉄鋼メーカーでも鉄鋼製品のエコリーフ等認証²の取得を加速化させているほか、鉄鋼生産時の高炉から電炉への転換も進む。

我が国の鋼材生産量は年間約 9000 万 t であるが、そのうち、建設業向けは約 2000 万 t に達し、内需の多くを占めている。我が国でも 2024 年に「成長志向の資源循環経済システム」が提唱されるなど、サーキュラー・エコノミーの実装に向けた機運が高まる中で、鉄鋼は、資源循環に適しクロズドループを実現する素材として、かねてより高度な鉄資源循環システムが構築されてきた。一方で、年間約 3000 万 t 発生する鉄スクラップのうち、建設由来の老廃スクラップは、約 600 万 t であるが、必ずしもその全量が水平リサイクルされているわ

¹ (<https://www.jisf.or.jp/news/topics/181128.html>)

² (<https://www.jisf.or.jp/news/topics/190822.html>)

けではなく、電炉・転炉への投入や、最終的には埋め立て処理に回ることになる（図 11）。

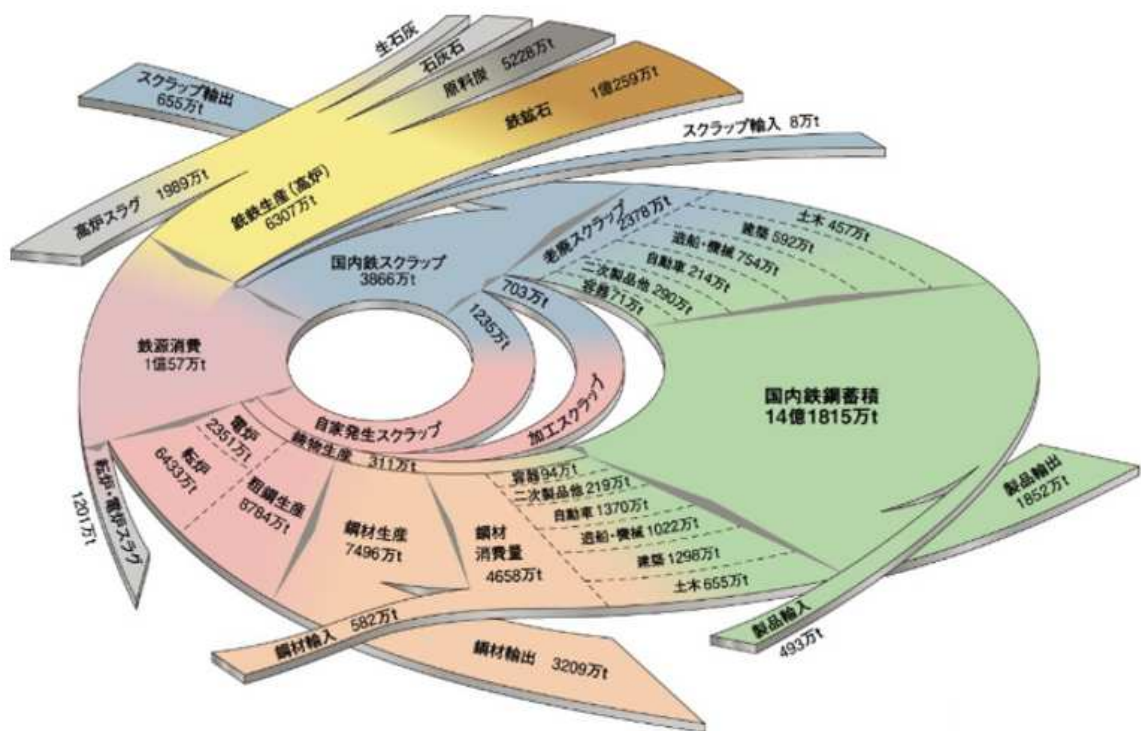


図 11 我が国の鉄鋼循環図（2022 年度）

（出所）日本鉄鋼連盟（https://www.jisf.or.jp/business/lca/material_flow/index.html）

2. 建築材料の特性

2.1 S 造・RC 造・SRC 造に用いられる主な部材と特徴

2.1.1 面材に着目した比較

（1）総論

構造種別ごとに分類した建築物のコストや物性、その他環境性能等の横並びの比較は一律には困難なため、各建築物に投入される部材に着目して比較を行った。建造に使用される部材のうち、どの建築種別でも一定量以上使用される面材に着目した。

さらに、市中に出回る面材が、すべて特性ごとに比較することは現実的ではないため、面材が建築用部材として有する特性のうち、耐火や防火性、強度、耐衝撃性等に着目し、さらには、JIS/JAS 規格で定められる定量的な規定を比較することとした。

（2）面材の耐火・防火に関する規定

非木造建築物に使用される面材のうち、外壁は主に、カーテンウォールと呼ばれる建物自体の荷重を負担しない耐力壁以外の内部と外部の空間をカーテンのように仕切る壁や、珪石

やセメント、生石灰等を主な原材料とした軽量気泡コンクリートである ALC パネルが採用される。その他、サイディングボード（窯業系サイディング材、金属系サイディング材、樹脂系サイディング材）、スレートなどの種類が採用される。内壁は、耐力面材・鋼製フレームを内蔵した耐力壁や、間仕切にせっこうボードと化粧板を貼り合わせる工法を採用することもある。巨匠設計の建築物を除き、基本的には外壁と内壁は建築コスト・居住性の観点から異なる種類の面材が使用される。

建築物の火災に対する安全性、すなわち耐・防火の性能は、我が国の建築基準法及び施行令によって規定されている。同法は、建築物の主要構造部である壁・床・柱・梁・屋根・階段の耐・防火構造の要件を規定し、それに適合する製品が国土交通大臣の認定を取得することによって、建築時に使うことが認められる（大臣認定品）。大臣認定品は、認定番号が付与され、建築確認時に構造方法の認定書（大臣認定書）の内容を確認することとなる。なお、上記の要件を満たした主要構造部を備え、屋内外で発生した火災に耐えうる性能を備えた建築物が、耐・防火建築物となる（表 9）。

表 9 防・耐火構造の国土交通大臣認定区分

分類	認定対象				認定記号
防耐火構造	耐火構造	耐力壁	外壁	120 分	FP120BE
				60 分	FP060BE
		間仕切壁		120 分	FP120BP
				60 分	FP060BP
		非耐力壁	外壁	60 分	FP060NE
				30 分	FP030NE
		間仕切壁		60 分	FP060NP
		柱		180 分	FP180CN
				120 分	FP120CN
				60 分	FP060CN
		床		120 分	FP120FL
				60 分	FP060FL
		はり		180 分	FP180BM
				120 分	FP120BM
				60 分	FP060BM
		屋根		30 分	FP030RF
		階段		30 分	FP030ST
	準耐火構造	耐力壁	外壁	60 分	QF060BE
				45 分	QF045BE
			間仕切壁	60 分	QF060BP
				45 分	QF045BP
		非耐力壁	外壁	60 分	QF060NE
				45 分	QF045NE
				30 分	QF030NE
			間仕切壁	60 分	QF060NP
				45 分	QF045NP
		柱		60 分	QF060CN
				45 分	QF045CN
		床		60 分	QF060FL
				45 分	QF045FL

分類	認定対象			認定記号
		はり	60 分	QF060BM
			45 分	QF045BM
		屋根	30 分	QF030RF
		階段	30 分	QF030ST
		軒裏	60 分	QF060RS
			45 分	QF045RS
			30 分	QF030RS
	防火構造	耐力壁	30 分	PC030BE
		非耐力壁	30 分	PC030NE
		軒裏	30 分	PC030RS
	準防火構造	耐力壁	20 分	QP020BE

(出所) 建築基準法に基づく構造方法等の認定（大臣認定）より MURC 作成

(3) JIS 規格に基づく面材の性能比較

実際に市中に流通している非木造構造で用いられる壁材及び床材用の面材は、主に構造用せっこうボード、強化せっこうボード、ALC、窯業系サイディング、コンクリートなどが挙げられる。これらの面材は、JIS/JAS 規格にて明確な分類がなされており、製品が満たすべき性能要件が定められている。(表 10)。なお、コンクリート床については、生コンクリート（レディーミクストコンクリート）を現場で固めて施工するのが一般的であり、製品として性能が定められているものではないため、下表には含めていない³。

表 10 非木造構造で用いられる面材の JIS/JAS 規格による性能比較

建築材料の種類	構造用せっこうボード	強化せっこうボード	ALC	窯業系サイディング
主要な構造	S/RC/SRC	RC	S	S
記号など	GB-St-A GB-St-B	GB-F	厚型パネル・一般パネル・平パネル・外壁用	化粧サイディング・現場塗装用サイディング
説明	強化せっこうボード (GB-F) の性能を保持し、かつ、くぎ側面抵抗を強化したもの ※分類は釘側面抵抗により 2 種類 (A 種、B 種)	せっこうボード (GB-R) の芯に無機質繊維などを混入したもの ※ただし、石綿は除く	厚型パネル (厚さ 75mm 以上 200 mm 以下)、一般パネル (小口面の形状が四角形)、平パネル (表面に衣装加工がない)	工場又は現場で、基材の表面に印刷、塗装などの化粧仕上げ (張り仕上げ材を除く) を施したもの 工場で原料の一部として着色材料を混入したもの又は素地のままで使用するものを含む
主な用途	耐力壁用の面材	壁及び天井の下地材、防・耐火構造などの構成材	外壁	外壁

³ (参考) レディーミクストコンクリートの JIS 規格は「JIS A 5308」(<https://kikakurui.com/a5/A5308-2019-01.html>)。品質については強度、スランプ又はスランプフロー、空気量、塩化物含有量にて規定されているが、他の面材と比較できる項目・構成ではないため、本報告書における記載は割愛する。

建築材料の種類	構造用せっこうボード	強化せっこうボード	ALC	窯業系サイディング
主要な構造	S/RC/SRC	RC	S	S
寸法	厚さ 15mm のケース ※分類は 12.5mm から 25.0mm まで 6 種類	厚さ 12.5mm ～ 25mm	厚さ：100mm 以上 200mm 以下 幅：2,400mm 以下 長さ：6,000mm 以下	厚さ 14mm～26mm
単位面積当たりの質量	13.5～22.5kg/m ²	9.4～24.2 kg/m ²	—	—
比重	0.90～1.45	0.75～0.95	450kg/m ³ 超 550 kg/m ³ 未満	—
含水率	3%以下	3%以下	—	20%以下
曲げ強度	曲げ破壊荷重 N： 長さ方向 650 以上 幅方向 220 以上	曲げ破壊荷重 N： 長さ方向 500 以上 ～ 1000 以上 幅方向 180 以上 ～ 380 以上	曲げひび割れ荷重 N： (W _n -W _p)bl 以上 ※説明 W _n 単位荷重[N/m ²]、W _p パネル質量による荷重[N/m ²]、b 一般パネルの幅[m]、l 支点間距離[m]	曲げ破壊荷重 N： 785 以上～1000 以上
せん断強度	—	—	曲げひび割れ荷重の下限値を加えた際に、目視によってせん断ひび割れの発生がないことを確認	—
耐衝撃性	くぼみの直径が 25mm 以下、かつ、亀裂が貫通してはならない	くぼみの直径が 25 mm 以下で、かつ、亀裂が貫通してはならない	—	貫通する亀裂が生じない
耐火炎性	破断して落下しない	破断して落下しない	—	—
難燃性又は発熱性	難燃 1 級又は発熱性 1 級	難燃 1 級又は発熱性 1 級	—	難燃 2 級以上
熱抵抗	0.042m ² ・K/W 以上	0.052 ～ 0.104m ² ・K/W 以上	5.3m ² ・K/W 以上	—
その他、特筆すべき性能基準	くぎ面抵抗を規定 (N：750 以上)	—	—	—

(出所) 日本工業規格 (JIS) 「A6901:2014 せっこうボード製品」(<https://kikakurui.com/a6/A6901-2014-01.html>)、
「A5422:2019 窯業系サイディング」(<https://kikakurui.com/a5/A5422-2019-01.html>) 「A5416:2016 軽量気泡コンクリートパネル (ALC パネル)」(<https://kikakurui.com/a5/A5416-2016-01.html>) より作成

上記の JIS/JAS 規格に適合した個別の製品として、アイジー工業株式会社が製造する強化せっこうボードや、ケイミュー株式会社が製造する ALC とサイディングボードを組み合わせた外壁材、ニチハ株式会社が製造している強化せっこうボードなどが存在する (図

12、図 13、図 14)。

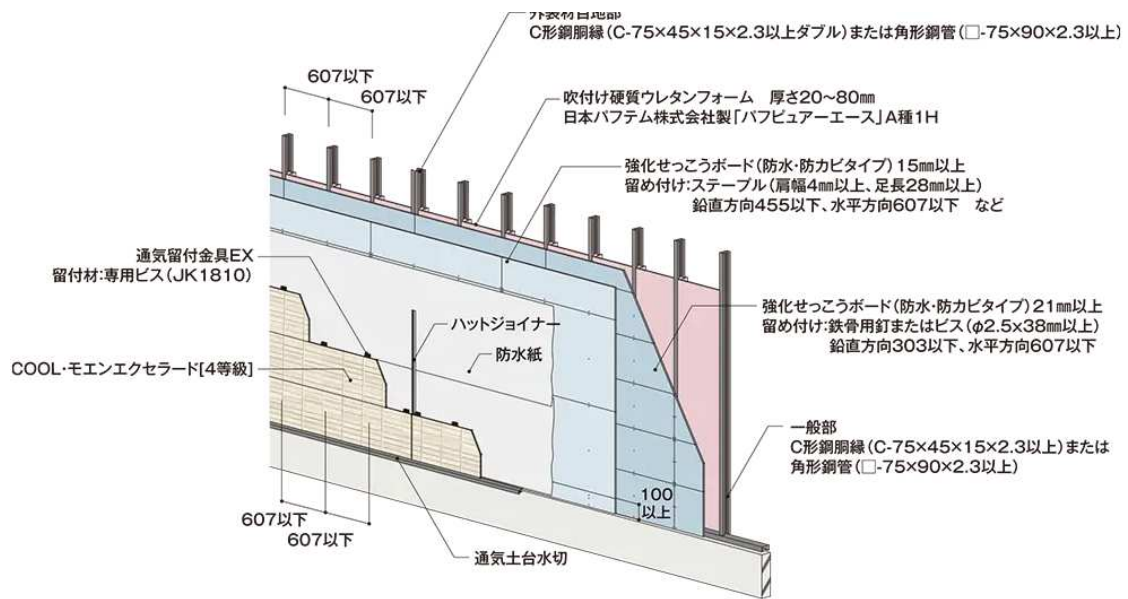


図 12 耐火ヴァンド 75 (アイジー工業株式会社) 下地組図
(出所) アイジー工業株式会社 (<https://www.igkogyo.co.jp/syohin/detail/rz75.html>)

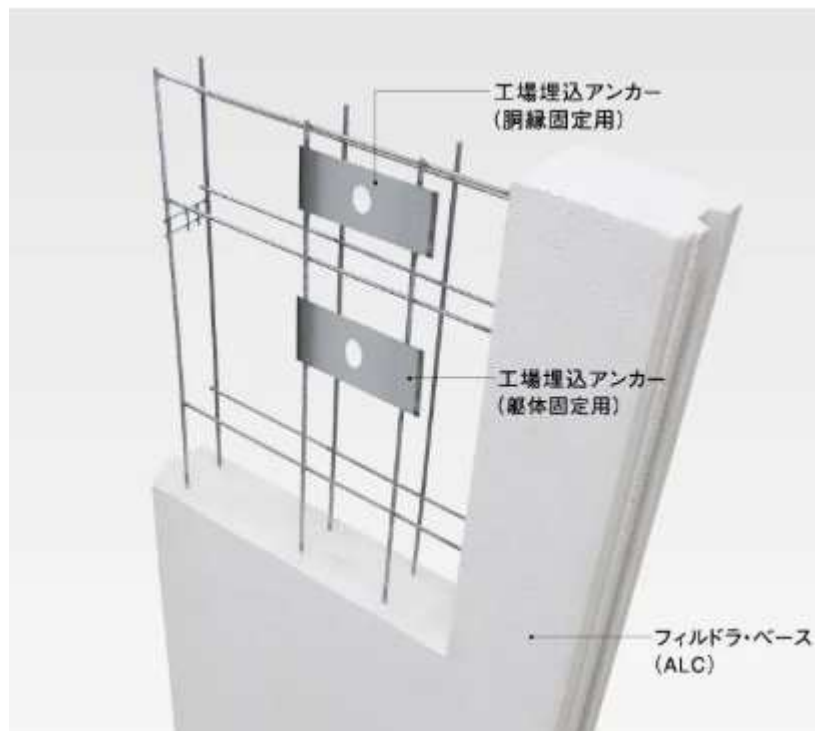


図 13 FIRDOLA BASE (ケイミュー株式会社) 下地組図
(出所) ケイミュー株式会社 (<https://www.kmew.co.jp/shouhin/firdola/base.html>)

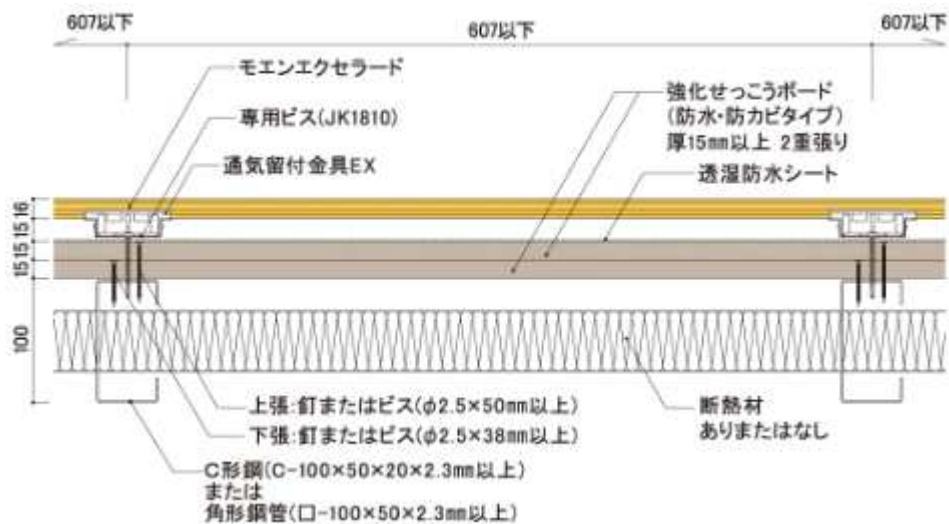


図 14 プラスター・モエン外壁 (ニチハ株式会社)

(出所) ニチハ株式会社 (https://www.nichiha.co.jp/cw/constructionmethod/moentaika_plaster/)

3. 環境配慮型コンクリート

3.1 基本情報：コンクリート及びその主原料であるセメントについて

コンクリートは、世界で水に次いで最も多く用いられている素材である。2019 年の年間製造量は約 40 億 t であり、今後も増加傾向とみられている。その主要原料であるセメントの製造プロセスで排出される CO₂ は、世界の GHG 総排出量の 7% 近くに上り、我が国のセメント産業における CO₂ 排出量は 4,147 万 tCO₂ (2019 年) である。

3.1.1 セメント

セメントは、石灰石や粘土、廃材や廃プラスチック等の廃棄物などの原料を調合し、高温で焼成した後に急速冷却し、これにせっこうを加えて粉砕することで製造される。高熱で加熱し冷却する過程で中間製品であるクリンカができるが、これができる際に、石灰石から CO₂ が排出される。

セメント製造における CO₂ 排出削減技術としては、以下が挙げられる。いずれも技術の開発がすすめられ、2030 年頃の実用化が目指されている。

- 製造プロセスで発生する CO₂ を放出せずに回収する：
セメント製造工程では、石灰石などの原料をプレヒーターで仮焼きし、キルンで 1,450℃ の高温で焼成する。CO₂ 排出のほとんどはプレヒーターで生じるので、当該設備を改造し CO₂ の 80% 以上を回収する技術が開発中
- 上記、回収した CO₂ を原料として廃棄物をリサイクルしセメント原料を製造
- 廃材からカルシウムを取り出し、セメント製造工程で排出される CO₂ を吸着させて炭酸塩 (CaCO₃) にすることで、セメントの主原料である石灰石を代替する

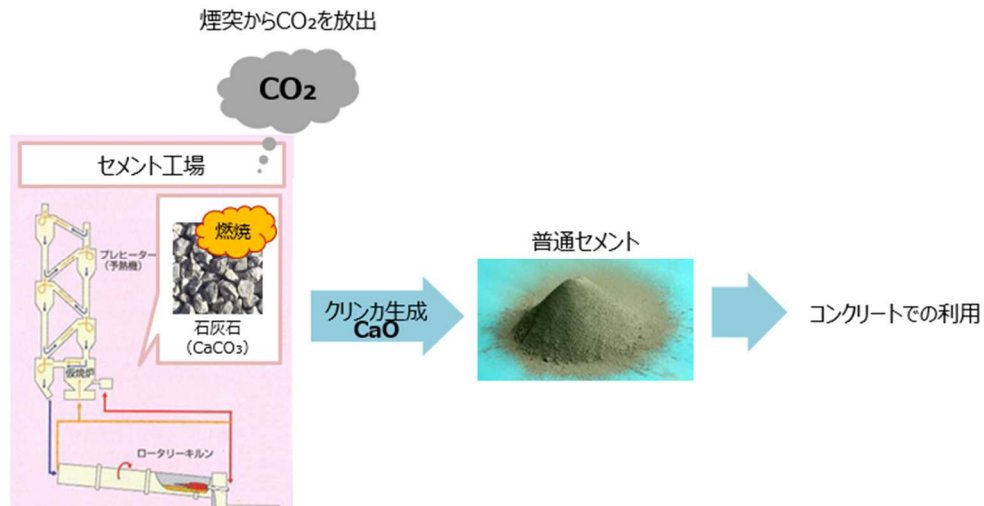


図 15 一般的なセメント製造のプロセス

(出所) 資源エネルギー庁ウェブサイトより転載

(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/concrete_cement.html)

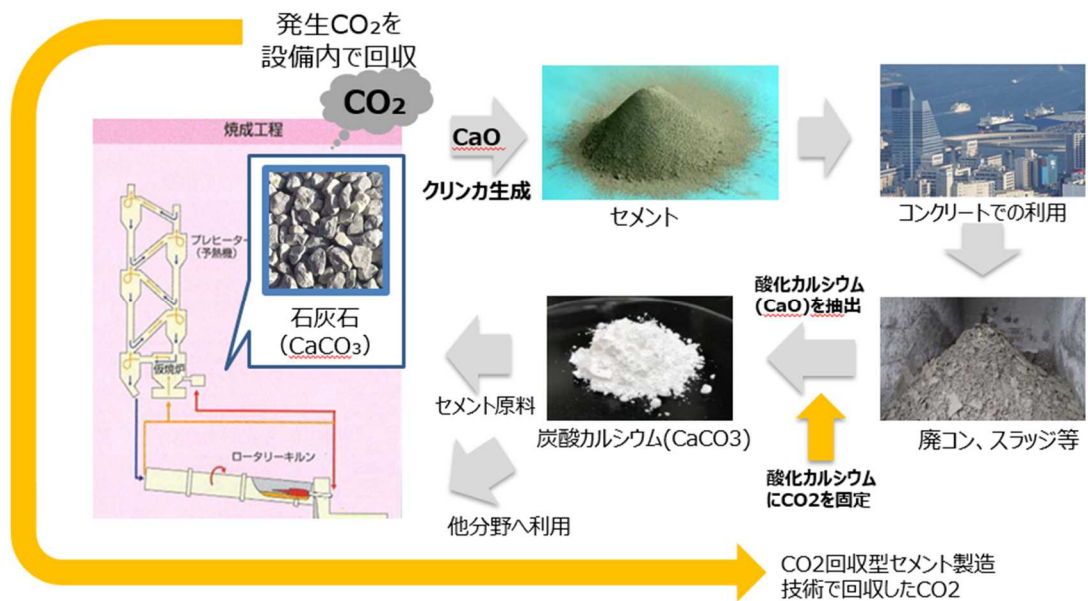


図 16 CO₂や廃棄物等をリサイクルしたカーボンリサイクルセメント製造等技術

(出所) 資源エネルギー庁ウェブサイトより転載

(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/concrete_cement.html)

3.1.2 コンクリート

コンクリートは、主原料であるセメントに、砂利や碎石等の骨材、水、コンクリートの品質や強度を上げる混和剤を混ぜて製造される。

コンクリートに CO₂ を取り込み固定化させる技術は既に開発され、舗装ブロックに使用される等の実用化が進んでいる。ただしこうしたコンクリート製品は一般的なコンクリート製品の 2～3 倍の価格とされており、コスト低減が目指されている。

コンクリート製造における技術開発としては、以下が目指されている。

- CO₂ を最大限固定することができる材料（骨材、混和材）の開発
- 上記の材料を複合して利用する技術の開発
- CO₂ 固定量最大化の一方でコスト低減するコンクリート製造手法の確立

3.1.3 コンクリート・セメントにおける脱炭素化の取組

資源エネルギー庁では、コンクリート・セメント業界におけるサーキュラー・エコノミーの実現を目指し、資源も CO₂ も循環するシステムの構築に取り組む方針を示している。

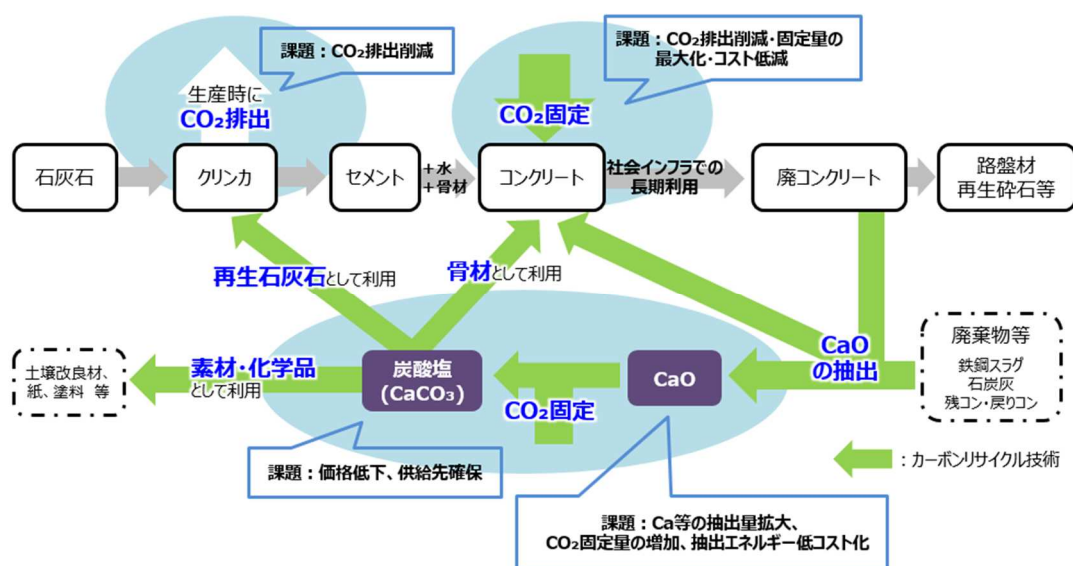


図 17 コンクリート・セメントにおける脱炭素化の全体像

(出所) 資源エネルギー庁ウェブサイトより転載

(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/concrete_cement.html)



図 18 コンクリート・セメントにおける脱炭素化の取組ロードマップ

(出所) 資源エネルギー庁ウェブサイトより転載

(https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/concrete_cement.html)

3.2 環境配慮型コンクリート

コンクリートの製造過程で排出される CO₂ を削減したり CO₂ を製品中に貯留したコンクリートを、環境配慮型コンクリートと呼ぶ。本項では、環境配慮型コンクリートの製法や脱炭素に向けた価値、一般的に指摘されている課題等についてとりまとめる。

3.2.1 環境配慮型コンクリートの主な製法と特徴

環境配慮型コンクリートの製法は、大きく以下の3種類に大別される。これら3種類の技術は、単体でも組み合わせることによっても環境配慮型コンクリートを製造することは可能である。

- ①セメントを製造時 CO₂ 排出量の少ない材料に置換する
- ②Ca を持っている材料（粉体）に CO₂ を取り込み（CaCO₃ を製造）、これを材料に使用する
- ③コンクリートが固まる前に CO₂ を吸収させる

上記の製法のうち、もっとも一般的なのは①であり、商用化されているのも現時点では①のみである（ただし、いずれも多かれ少なかれ現場利用の事例はある）。②は、CO₂ を吸収・貯留する材料が一般的に出回っておらず、サプライチェーンに課題がある。③は、コンクリートに CO₂ を吸収させるのに巨大な装置が必要となる。

なお、③は当初、環境配慮ではなく耐久性向上の目的で開発が進められたものである。CO₂ をコンクリートに吸わせると安定的な炭酸カルシウム（CaCO₃）ができ、これによりコンクリート製品が1,000年単位の耐久性を持つことが可能となる。この技術が、近年の脱炭素の潮流の中で、CO₂ 排出削減・貯留効果を発揮する手法の1つとして用いられ始めている。

また、カーボンニュートラルに貢献する技術として、2024年に土木学会の分科会がとりまとめた報告書「火力発電所由来 CO₂ の利用に関する技術動向と土木分野における課題」では、7分類・27種類の技術が紹介されている（下表）。

表 11 CO₂吸収・利用及び低減に係るコンクリート技術一覧

技術分類		技術名称	開発企業・機関	CO ₂ 低減効果
CO ₂ 吸収・利用	コンクリートが CO ₂ を直接吸収	CO ₂ -SUICOM	鹿島建設、中国電力、デンカ	吸収させる CO ₂ の量やバイオ系材料等の量により異なる
		CO ₂ -TriCOM	中国電力、広島大学、中国高圧コンクリート工業	
		DAC コート	清水建設、北海道大学	
		強制炭酸化再生骨材を用いたコンクリート	東京電力 HD	
	コンクリート製造時に CO ₂ を混入	カーボンキュア	カーボンキュア社、三菱商事	
		T-Carbon Mixing	大成建設	
	排気等の CO ₂ から CaCO ₃ を利用する	O.C.O	O.C.O 社	
		ブループラネット	ブループラネット社、三菱商事	
		CCC (C ⁴ S プロジェクト)	東京大学、北海道大学	
		T-eConcrete (Carbon-Recycle)	大成建設	
		クリーンクリート N	大林組	
	バイオ系材料 (バイオ炭等) を使用	バイオ炭コンクリート	清水建設	
		リグニコンクリート	大林組、日本製紙、フローリック	
CO ₂ 低減	セメントを一部フライアッシュで代替	ECM コンクリート	鹿島建設、竹中工務店	約 60%
		T-eConcrete (フライアッシュ活用型)	大成建設	約 80%
		スーパーグリーンコンクリート	前田建設工業	約 60%
		LHC (ローカーボンハイパフォーマンスコンクリート)	安藤ハザマ	約 55%
		BBFA 強高度コンクリート	安藤ハザマ	約 50%
		アッシュクリート	安藤ハザマ	約 60%
	セメント不使用	ジオポリマー	西松建設、大分高専、日本興業	約 70%
		AAM コンクリート	西松建設、JFE スチール、東北大学、日本大学	約 75%
		現場打設型ジオポリマー「ポリマーコンクリート」	大林組、ポゾリスソリューションズ	約 75%
		サステインクリート	三井住友建設	約 80%
		T-eConcrete (セメント・ゼロ型)	大成建設	約 80%
	セメントの大部分を高炉スラグで代替	クリーンクリート	大林組	約 80%
		T-eConcrete (建築基準法対応型)	大成建設	約 60%
		スラグリート	戸田建設、西松建設 t	約 70%

(出所) 土木学会エネルギー委員会 新技術・エネルギー小委員会 火力発電所由来 CO₂ の利用に関する土木技術の調査・研究分科会「火力発電所由来 CO₂ の利用に関する技術動向と土木分野における課題」(2024 年 2 月)より作成

3.2.2 環境配慮型コンクリートが発揮しうる価値 (CO₂ 排出削減・貯留効果)

我が国では、2024 年 4 月に国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) に提出した温室効果ガス排出・吸収量の報告においてはじめて、環境配慮型コンクリートによる CO₂ 固定量を算定・報告した。このような報告は世界初である。

今回報告された環境配慮型コンクリートは、以下の 3 類型 4 種類である。2024 年報告 (2022 年の GHG 排出・吸収量算定・報告) では、事業者からデータが得られた製品が算定対象と

された。

表 12 UNFCCC に GHG 排出・吸収量が報告された環境配慮型コンクリートの類型と種類

類型	製品名	開発企業
製造時 CO ₂ 固定型	CO ₂ -SUICOM	鹿島建設、中国電力、デンカ、ランデス
CO ₂ 由来材料使用型	T-eConcrete/Carbon-Recycle	大成建設
	クリーンクリート N	大林組
バイオ炭使用型	SUSMICS-C	清水建設

表 13 製造時 CO₂ 固定型の CO₂ 固定量算定方法

算定方法	コンクリートの生産量に、実測値に基づく製品種別の平均的な CO ₂ 固定係数を乗じる
算定式	$F_{CO2} = \sum_{ij} (V_{ij} \times f_{ij})$ F_{CO2} : CO₂ 固定型コンクリートの CO₂ 固定量 [t-CO₂] V_{ij} : 製品 i における品種 j の生産量 [m³] f_{ij} : 製品 i における品種 j の単位体積当たりの CO₂ 固定量 [t-CO₂/m³]
活動量	事業者提供データによる、製品種別の製造量（秘匿）
固定係数	事業者提供データより、製品種別に設定（秘匿）

（出所）（国研）国立環境研究所 地球環境研究センター 温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2024 年」⁴より作成

表 14 CO₂ 由来材料使用型の CO₂ 固定量算定方法

算定方法	(1) CO ₂ 由来材料の使用量に、同材料の平均的な CO ₂ 固定係数を乗じる (2) 使用量が把握できない場合、コンクリートの生産量に、生産量当たりの CO ₂ 固定係数を乗じる
算定式	(式 1) $F_{CO2} = \sum_k (m_k \times F_k)$ F_{CO2} : CO₂ 由来材料使用型コンクリートによる CO₂ 固定量 [t-CO₂] m_k : CO₂ 由来材料 k の使用量 [t] F_k : CO₂ 由来材料 k の単位重量当たりの CO₂ 固定量 [t-CO₂/t] (式 2) $F_{CO2} = \sum_i (V_i \times f_i)$ F_{CO2} : CO₂ 由来材料使用型コンクリートによる CO₂ 固定量 [t-CO₂] V_i : コンクリート種類 i の生産量 [m³] f_i : コンクリート種類 i の単位体積当たりの CO₂ 固定量 [t-CO₂/m³]
活動量	(1) 事業者提供データによる、単位体積当たりの CO ₂ 由来材料の混入量より推計 (2) 事業者提供データによる、コンクリート生産量（(1) (2) とも秘匿）
固定係数	(1) 事業者提供データより、製品に使用されている材料の各年度における CaCO ₃ 純度を考慮した重量当たり CO ₂ 固定量を設定 (2) 事業者提供データより、コンクリート配合キロ億頭にに基づく製品別の体積当たり CO ₂ 固定量を、各製品の生産量で加重平均した年度別の固定係数を設定 ((1) (2) とも秘匿)

（出所）（国研）国立環境研究所 地球環境研究センター 温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2024 年」より作成

⁴ (https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/pi5dm3000010ina4-att/NID-JPN-2024-v3.6_J_gioweb.pdf)

表 15 バイオ炭使用型の CO₂ 固定量算定方法

算定方法	伐採木材製品（HWP）の算定方法を適用
算定式	$F_{CO2,n} = \sum_i \Delta C_{n,i} \times 44/12$ $F_{CO2,n}$: n 年度のバイオ炭使用型コンクリートによる CO₂ 固定量 [t-CO₂] $\Delta C_{n,i}$: n 年度の間のバイオ炭種 i の製品プールにおける炭素蓄積変化量 [t-C/年] ここで、 $\Delta C_{n,i} = Inflow_{n,i} - Outflow_{n,i}$ $Inflow_{n,i}$: n 年度の間にバイオ炭種 i の製品プールに投入される炭素量 [t-C/年] $Outflow_{n,i}$: n 年度の間にバイオ炭種 i の製品プールから排出される炭素量 [t-C/年] $Inflow_{n,i} = m_{n,i} \times C_i$ $m_{n,i}$: n 年度のバイオ炭種 i の使用量 [t] C_i : バイオ炭種 i の炭素含有率 [t-C/t] $Outflow_{n+k,i} = Inflow_{n,i}$ k : バイオ炭種 i 使用製品の使用期間 [年] (注) 日本建築学会「建築工事標準仕様書」における標準水準級の計画供用期間に基づき、65 年と設定
活動量	事業者提供データによる、対象コンクリートにおけるバイオ炭種別のバイオ炭使用量（秘匿）
固定係数	事業者提供データより、製品に使用されたバイオ炭における炭素含有率の実績値より設定（秘匿）

（出所）（国研）国立環境研究所 地球環境研究センター 温室効果ガスインベントリオフィス「日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2024 年」より作成

3.2.3 環境配慮型コンクリートの課題

（1）鉄筋コンクリートとしての利用の難しさ

環境配慮型コンクリートには、鉄筋との相性の悪さがある。鉄筋の保護性能が弱い点が弱点となる。一般的なコンクリートは強アルカリ性であるため鉄筋がコンクリートの中にあっても腐食しない。一方の環境配慮型コンクリートはアルカリが弱いため、鉄筋を腐食から守りづらくなる。環境配慮型コンクリートには上述の通り複数種あるが、程度の差はあれど、いずれもセメントの使用量が減っているためアルカリが弱くなることに変わりはなく、同様の弱点を持つ。

ただし、原料（セメントの代替となる物質）に CO₂ を吸収させておきこれを用いてコンクリートを製造するケースについては、例えば廃棄物・副産物等の原料に含まれる強アルカリに CO₂ を吸収させると弱アルカリ性の炭化カルシウムが生成される。これを強アルカリのスラグで固めると強アルカリが維持されるため、鉄筋と共に使用することが可能である。

（2）コスト

一般的なコンクリートと比較した際の生産コストは、3.2.1 に整理した製法ごとに異なる。「①セメントを製造時 CO₂ 排出量の少ない材料に置換する」は一般的なコンクリートと比較して 10～20%程度の上乗せとなる。「②Ca を持っている材料（粉体）に CO₂ を取り込み（CaCO₃ を製造）、これを材料に使用する」については、上述の通り原料のサプライ

チェーンが構築されていないことから、現時点では価格をつけることが困難である。「③コンクリートが固まる前に CO₂ を吸収させる」については、少なくとも 3 倍程度のコストがかかる現状である。

3.3 環境配慮型コンクリートの製品事例

本項では、3.2.2 に上述した、UNFCCC へ GHG 排出・吸収量が報告された環境配慮型コンクリート製品を事例として紹介する。

3.3.1 CO₂-SUICOM®（鹿島建設ほか）

(1) 製品概要

「CO₂-SUICOM®」は、鹿島建設株式会社が、中国電力株式会社、デンカ株式会社、ランデス株式会社とともに 2008 年に開発した、世界で初めて製造時の CO₂ 排出量を実質ゼロ以下にしたコンクリートである。

強度や施工性（工事に使用する際の取り扱い）は、通常のコンクリートと同様である。また、摩耗に強い、植物の生育に良い影響を与えると云った効果が確認されている。

同製品は既に実用化されているが、(4) に後述する通り用途が限られるといった課題があり、2018 年にいったん開発の区切りがついていた。その後、カーボンニュートラルの機運が高まったことを受け、現在、中国電力、鹿島建設、三菱商事が中心となり、鉄筋コンクリートにも使用できる技術を開発中である。

(2) 製法

一般的なコンクリートはセメントと水の化学反応により硬化するが、CO₂-SUICOM®はセメントの代わりに「γ-C₂S」という、水ではなく CO₂ との化学反応によりコンクリートを硬化させる性質の材料を用いる。製造過程で材料を練り混ぜた後、CO₂ が充満する環境下（火力発電所からの排ガス等を利用）において CO₂ を吸収させている。3.2.1 に整理した 3 つの製法のうち、「①セメントを製造時 CO₂ 排出量の少ない材料に置換する」と「③コンクリートが固まる前に CO₂ を吸収させる」を組み合わせたものである。

CO₂ 吸収に時間がかかるためコストが高くなることが、課題の 1 つとされている。

(3) 環境に対する効果（CO₂ 排出削減・吸収効果）

セメントの代替による CO₂ 排出削減(197kgCO₂/m³)と CO₂ の吸収・固定(109kgCO₂/m³)を合わせて、366kgCO₂/m³ の排出削減となり、一般的なコンクリートの製造時の排出量 288 CO₂/m³ に対し実質ゼロ以下 (-18kgCO₂/m³) を実現する。

(4) 主な用途

「CO₂-SUICOM®」はすでに実用化され、舗装ブロックや埋設型枠等を使用されてきた。製造時に CO₂ を吸収させるプロセスがあるため、現場で型枠にコンクリートを流し込むということができず、工場で固めて製造できる製品製造に用途が限定されるという現状があ

る。また、鉄筋が錆びやすくなる懸念（炭酸化することで鉄筋を腐食させる可能性がある）があり、鉄筋コンクリートには使用できない等の課題がある。

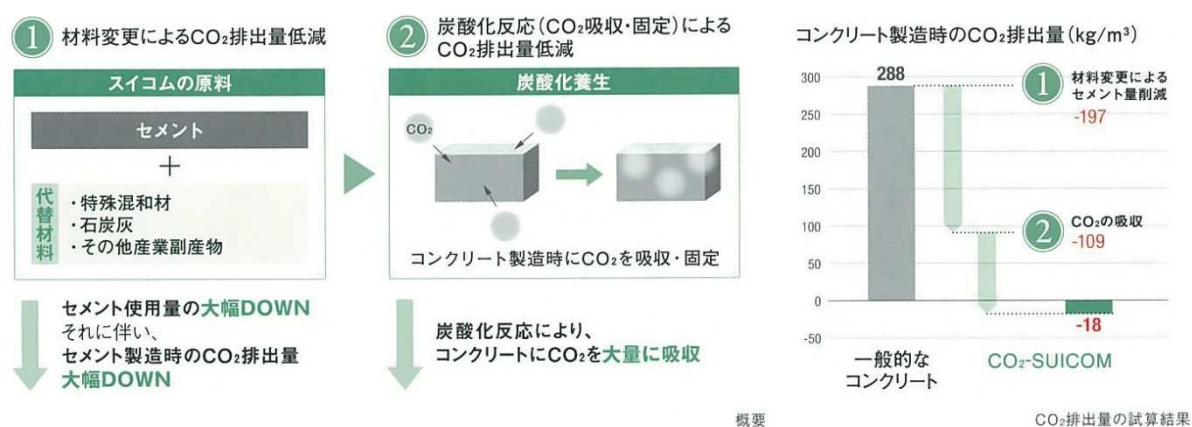


図 19 CO₂-SUICOM®の概要と CO₂ 排出削減・吸収効果
(出所) ランデス株式会社ウェブサイトより転載 (<https://www.landes.co.jp/product/113>)

(写真削除)

図 20 CO₂-SUICOM®採用実績

(出所) 向原敦史「CO₂-SUICOM の概要と採用実績」(中国電力「エネルギー総研レビュー No.41」(2015 年))より転載

(5) 今後の展望等

NEDO 事業等を活用し、同社製品のコスト削減や、鉄筋コンクリートとして利用できる技術の開発が進められている。高コストの要因は、CO₂を吸収させる装置の整備が必要な点、CO₂を吸収させる期間が必要な点、CO₂を調達する費用、原料であるγC2Sが高価格であること、である。鹿島建設では、2点目についてCO₂吸収期間を縮めることに取り組んでおり、4点目についてはNEDO事業において大量生産によりコストを下げる研究開発を行っている。

また、同社では、CO₂吸収の価値を定量的に顧客に示していくために、試験方法や品質管理方法の規格化（JIS、ISO）にも取り組んでいる。

海外展開も見据えられている。低炭素型コンクリートの開発には複数の国が取り組んでいるが、カーボンニュートラルに近い形でCO₂を削減した商品化を実現しているのは日本だけであり、その点は世界に先行しているため優位性を発揮しようと考えられている。ただし、その他のアピールポイント（価格・汎用性・実用性等）も踏まえて競合製品に勝つ必要性も認識されている。

3.3.2 T-eConcrete/Carbon-Recycle（大成建設）

（1）製品概要

「T-eConcrete®」は、コンクリートの主材料であるセメントを他の代替素材に極力置き換えて、セメント使用量を減らすことでセメント製造時の排出量がコンクリート製造に与える影響を低減するアプローチで環境に配慮した製品である。大成建設株式会社が開発した。セメントを代替する素材や特徴により、下表に示す4つのタイプがある。

表 16 大成建設による環境配慮型コンクリート製品の種類と特徴

タイプ	使用材料	特徴	一般的なコンクリートと比較したCO ₂ の排出割合
建築基準法対応型	セメント、高炉スラグ（製鋼から生じる産業副産物）	建築基準法に準拠した建物の建設に適する	35%
フライアッシュ活用型	セメント、高炉スラグ、フライアッシュ（石炭灰の一種）	石炭火力発電所から生じる産業副産物である石炭灰の有効活用が可能	25%
セメント・ゼロ型	高炉スラグ	最大限のCO ₂ 排出量削減（最大80%）が可能	20%
Carbon-Recycle（カーボン・リサイクルコンクリート）	炭酸カルシウム等のカーボンリサイクル製品、高炉スラグ	コンクリート1m ³ 当たり98～171kgCO ₂ を固定して、CO ₂ 排出量をマイナスにする	－49%

（出所）大成建設株式会社ウェブサイト（<https://www.taisei.co.jp/portal/tech/commentary/02.html>）

（2）製法

上述の通り、コンクリートの主材料であるセメントを他の代替素材に極力置き換えて、セメント使用量を減らすことでセメント製造時の排出量がコンクリート製造に与える影響を低減する。

とくに「Carbon-Recycle」は、セメントを一切使用せず、CO₂を吸収させたカーボンリサイクル製品をコンクリートの内部に固めることでCO₂の排出量をマイナスにできる特徴を有する。大気中や工場等の排気ガスから回収したCO₂をカルシウムに吸収させて製造する炭酸カルシウム等のカーボンリサイクル製品と、製鋼時に発生する産業副産物である高炉スラグを用いて製造される。

カーボン・リサイクルコンクリートは、通常と同じ設備での製造が可能である。また、一般的なコンクリートと同等の強度を持ち、施工のしやすさが確保されるため、一般的な工事での利用が可能。さらに、コンクリート内部に含まれるCO₂が鉄筋の腐食を防ぐため、RC造の構造物の耐久性を維持することも可能である。

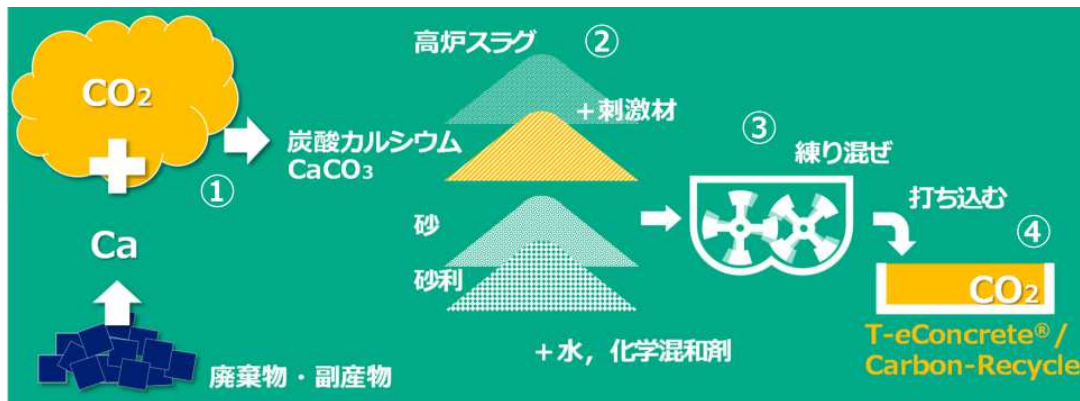


図 21 T-eConcrete®/Carbon-Recycle の製造方法

(出所) 大成建設「環境配慮型コンクリートの社会実装に向けた環境整備」(2023 年 1 月 規制改革推進会議スタートアップ・イノベーション WG 資料) より転載

(3) 環境に対する効果 (CO₂ 排出削減・吸収効果)

製品タイプごとの CO₂ 排出削減効果は、表 16 に示した通り。原料として代替物に置き換えられるセメントの量が大きいほど、排出削減効果は大きくなる。

(4) 主な用途

「Carbon-Recycle」を含む「T-eConcrete®」は、徐々に実用化が進んでいる段階である。「セメントゼロ型」「Carbon-Recycle」は、現状はコンクリート製品として流通している。大成建設の研究施設敷地内での舗装や、送電ケーブル等の設備を設置する地中トンネル等、インフラ構造物や建築物で使用が始まっている。

個別事例として、大阪万博のパビリオンの床仕上げ材として使用した実績を持つ。セメントが灰色で他の色を後から付けづらい一方で、その代替となるスラグや炭酸カルシウムは白いため、これらを原料とする環境配慮型コンクリートは、色が付けやすく仕上げ材として使い勝手が良いという利点を持つ。

建物の外壁 (カーテンウォール) にも使用している。二次製品として工場で作って出荷するケースでは、高価な金属製のカーテンウォールに対してコスト競争力を持ちうる。

(写真削除)

図 22 T-eConcrete®の適用事例

(出所) 大成建設「環境配慮型コンクリートの社会実装に向けた環境整備」(2023 年 1 月 規制改革推進会議スタートアップ・イノベーション WG 資料) より転載

(5) 今後の展望等

セメントを代替する材料を使用するケースについて、高炉スラグや CCU マテリアル等の新しい材料は、セメントほど流通網が発展していない。CCU マテリアルは廃棄物・副産物に CO₂ を吸わせて使うものだが、マテリアルの発生源とコンクリートを使用したい用地が地理的にマッチしない。この課題を受けて、大成建設では、地域に発生する副産物を探して利用していく地産地消型のアプローチを試行している。

3.3.3 クリーンクリート N (大林組)

(1) 製品概要

株式会社大林組は、2022 年に「クリーンクリート N」を開発した。セメントの大部分を CO₂ 排出量の少ない高炉スラグ微粉末などの混和剤に置換することで製造時の CO₂ 排出量を最大で 80%削減する「クリーンクリート®」(2010 年開発)の技術を発展させたものである。

(2) 製法

クリーンクリート N は、クリーンクリートに、CO₂ を吸収・固定化した CCU (Carbon dioxide Capture and Utilization) 粉体を混ぜ合わせたものである。

強度や性能等については、論文にて公表されている^{5,6}。従来型の環境配慮型コンクリートクリーンクリートを CP-0、これに対し CCU 粉体を細骨材置換として 200kg/m³ 混入したクリーンクリート N を CP-200 として比較実験が行われている。

表 17 クリーンクリートとクリーンクリート N の比較実験結果

試験対名称	CP-0	CP-200
概要	大林組による従来型の環境配慮型コンクリート (クリーンクリート)	従来型に、CCU 粉体を 200kg/m ³ 混入したクリーンクリート N
試験体サイズ	1,000×1,200×厚さ 200mm (壁状)	
ライフサイクル CO ₂ 排出量	98.6kg-CO ₂ /m ³	21.9kg-CO ₂ /m ³
粘性	—	従来型と比較して粘性が非常に高い (ただし練混ぜは問題なく行えた)
圧縮強度	—	従来型と比較して増加傾向 (結合材量を削減できる可能性あり)

(出所) 田中ら「カーボンニュートラル社会の実現に向けたコンクリート材料の開発」(建設機械施工 Vol.75, No.5, 2023 年) より作成

(3) 環境に対する効果 (CO₂ 排出削減・吸収効果)

CO₂ 排出削減・吸収効果はコンクリートへの CCU 粉体の混入量により異なる。細骨材

⁵ (参考) 田中ら「カーボンネガティブを実現できる「クリーンクリート N®」の開発」(大林組技術研究所報 No.87, 2023 年) (https://www.obayashi.co.jp/technology/shoho/087/2023_087_21.pdf)

⁶ (参考) 田中ら「カーボンニュートラル社会の実現に向けたコンクリート材料の開発」(建設機械施工 Vol.75, No.5, 2023 年) (<https://jcmantet.or.jp/bunken/kikanshi/2023/5/061.pdf>)

の代わりに CCU 粉体を 200～250kg/m³ 混入することでカーボンニュートラルを達成する。
また、CO₂ を最大 120%削減する。

(4) 主な用途

CCU 粉体を用いたコンクリートの規格が未整備であることから構造物に適用することは現状困難であり、非構造部材での適用が進められている。

これまでに、現場打の外壁やプレキャストコンクリートカーテンウォール（PC カーテンウォール）への適用事例がある。環境配慮型コンクリートには、中性化の進行が早いという弱点があるが、変色・劣化を防ぐ高耐候性のクリヤ塗料を塗布し保護効果を持たせることで弱点を克服している。

(写真削除)

図 23 クリーンクリート N による PC カーテンウォールを適用した建物の外観
(出所) 大林組ウェブサイトより転載 (https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20240902_1.html)

3.3.4 SUSMICS-C（清水建設）

(1) 製品概要

「SUSMICS-C」は清水建設株式会社が開発した環境配慮型コンクリートである。
SUSMICS-C の特徴は、以下の通り。

- バイオ炭を混和することでコンクリート内部に炭素を貯留する環境配慮型コンクリート
 - 木質バイオマスが成長過程で大気中から吸収した CO₂ が難分解性の炭素としてコンクリートに固定化される。バイオ炭に固定された CO₂ 量がその他の材料製造等に起因する CO₂ 排出量を上回れば、カーボンネガティブを実現
- コンクリート練混ぜ時にバイオ炭を投入するだけで製造できる汎用性の高いコンクリート材で、既存の生コンプラントでの製造にも容易に対応できる
- 普通コンクリートと同様にポンプ圧送による打込みも可能

清水建設では、バイオ炭を活用した環境配慮型施工技術を「SUSMICS」としてシリーズ化している。環境配慮型コンクリート「SUSMICS-C」、アスファルト合材の混合材料としてバイオ炭を利用し製造過程で生じる CO₂ 排出量を実質ゼロにする「SUSMICS-A」、改良対象土に熔融スラグとバイオ炭を混入することで施工に起因する CO₂ 排出量を実質ゼロにする地盤改良工法「SUSMICS-G」、セメント系固化剤を使用する流動化処理土にバイオ炭を混合した環境配慮型埋戻し地盤材料「SUSMICS-S」等がある。

(2) 製法

上述の通り、コンクリート製造工程における練り混ぜ時にバイオ炭を投入するという製法である。

下図のようにおが粉を用いたバイオ炭の場合、バイオ炭の製造工程は以下の通りである。

- 製材所で発生するおが粉を向上に運搬・収集し、180～20℃で加圧整形して棒状に固める
- 炭化炉に移し、初めの2～3日は少量の空気です燃させ、3～4日目に多めの空気を供給し800～1,000℃の高温にして炭化
- 自然冷却後に粉碎・分級し、粒径1mm以下の粉状タイプと1～5mmの粒状タイプのバイオ炭を製造



図 24 SUSMICS-C の製法概要

(出所) 新技術情報ウェブサイト (<https://catalog.express-highway.or.jp/products/p10014330.html>) より転載

バイオ炭の配合量を変化させた試験体による実験によると、一般的なコンクリートと同等の圧縮強度を持つことが示されている。

表 18 実験の前提情報：試験体の配合

試験体名	配合量 (単位: kg/m³)						
	高炉セメント B 種	高炉セメント C 種	バイオ炭 粉状	バイオ炭 粒状	細骨材① (砕砂)	細骨材② (山砂)	粗骨材 (砕石)
BB-Control	307	0	0	0	327	491	1,008
BB-P15	307	0	15	0	317	476	1,008
BB-G30	307	0	0	30	307	461	1,008
BB-G60	307	0	0	60	288	432	1,008
BC-Control	0	338	0	0	321	481	989
BC-P15	0	338	15	0	311	466	989
BC-P30	0	338	30	0	301	452	989
BC-G30	0	338	0	30	301	452	989
BC-G60	0	338	0	60	281	422	989

(出所) 山本ら「環境配慮型コンクリート「SUSMICS-C」の開発」(清水建設研究報告第101号、2023年)より作成

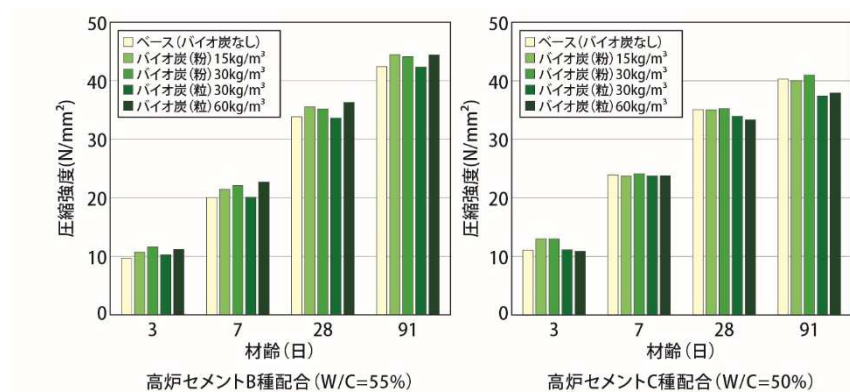


図 25 圧縮強度試験の結果

(出所) 新技術情報ウェブサイト (<https://catalog.express-highway.or.jp/products/p10014330.html>) より転載

(3) 環境に対する効果 (CO₂ 排出削減・吸収効果)

CO₂ 排出削減・吸収効果は、投入するバイオ炭の量により異なる。表 18 に示した試験体での実験では、下表の通りライフサイクル CO₂ 排出量、排出削減効果が算定された。

表 19 SUSMICS-C の CO₂ 排出量の一例 (試験結果)

試験体名	バイオ炭以外の材料 の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	バイオ炭の CO ₂ 固 定量 (kg-CO ₂ /m ³)	コンクリートとして の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	BB-Control に対する CO ₂ 削減率 (%)
BB-Control	141	0	141	0
BB-P15	141	34	107	24
BB-G30	141	69	72	49
BB-G60	141	138	3	98
BC-Control	95	0	95	33
BC-P15	95	34	60	57
BC-P30	95	69	26	82
BC-G30	95	69	26	82
BC-G60	95	138	-43	131

(出所) 山本ら「環境配慮型コンクリート「SUSMICS-C」の開発」(清水建設研究報告第 101 号、2023 年)より作成

製品の現場適用時の CO₂ 排出削減効果を定量化し、第三者確認を受けた実績も有する。

(4) に後述する適用事例「グッドマンビジネスパーク ステージ 6 ビルディング 2 新築工事」では、CO₂ の総排出量は 77.0t CO₂、コンクリートに混入したバイオ炭中の CO₂ 固定量は 79.3t CO₂ となり、カーボンネガティブの達成が実態に即した実績値に基づき確認された。この算定の妥当性は、第三者審査機関であるソコテック・サーティフィケーション・ジャパン株式会社の確認を経たものである。

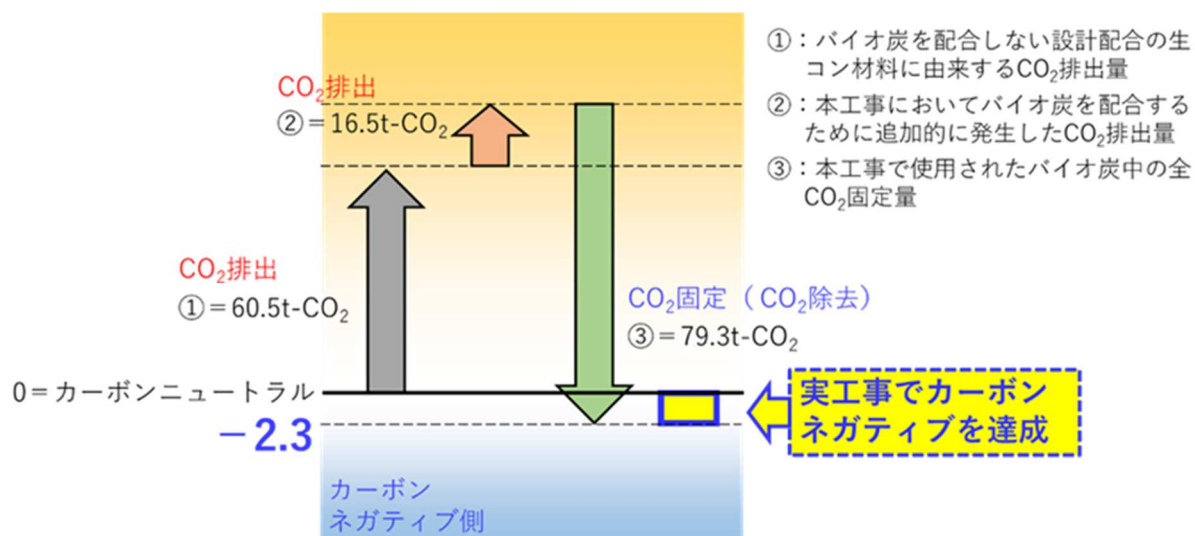


図 26 SUSMICS-C の現場適用事例における CO₂ 排出量削減効果

(グッドマンビジネスパーク ステージ 6 ビルディング 2 新築工事の例)

(出所) 清水建設株式会社ニュースリリース「バイオ炭コンクリート「SUSMICS-C」の CO₂ 削減効果を精緻に定量化」より転載 (<https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2024/2024010.html>)

(4) 主な用途

適用事例として、「グッドマンビジネスパーク ステージ 6 ビルディング 2 新築工事 (発注者：シラカミ特定目的会社)」で、510m³に及ぶレベルコンクリートの打設に SUSMICS-C を活用した。この事例では、1kg あたり実質 2.3kgCO₂ を固定化したバイオ炭を 60kg/m³ 混和した配合を採用した。

3.4 環境配慮型コンクリートの普及に向けた動向及び課題

上述の環境配慮型コンクリートの現状をまとめつつ、普及に向けた取組の方向性や対応すべき課題を整理する。

環境配慮型コンクリートの製造アプローチは大きく 3 つに整理される。各アプローチを個別に利用する場合も、組み合わせる場合もある。

表 20 環境配慮型コンクリートの種類とコスト、普及状況 まとめ

製造アプローチによる分類	製造コスト (一般的なコンクリートとの比較)	普及状況
セメントを製造時 CO ₂ 排出量の少ない材料に置換	1.1～1.2 倍程度	● 3 種類のうちでは最も商用化が進んでおり、一般的に流通している生コンクリートの数%はこれに置き換わっている状況
カルシウムを有する材料に CO ₂ を取り込み、これを材料に使用	比較不可 (材料価格が安定しないため)	● CO ₂ を取り込める材料のサプライチェーンが構築されておらず (よって価格も見えていない)、商用化には至っていない

製造アプローチによる分類	製造コスト (一般的なコンクリートとの比較)	普及状況
コンクリートが固まる前に CO ₂ を吸収させる	3 倍程度以上	● CO₂ 吸収に大規模装置が必要で、工場で固めてから出荷する必要があるため、プレキャスト製品（コンクリートブロック等）として一部商用化、流通

なお、普及方策を検討するにあたっては、建築分野と土木分野のちがいを理解しておくことも重要である。

建築分野はコストが判断要素として大きいため、他の材料価格も高騰している中で、コンクリートの中でもコストの高い材料は選択されづらい。よってコスト低減を進めることが重要となる。また、建築基準法の下で材料が制限を受けることから、新たな材料である環境配慮型コンクリートを同法の下に位置づけることが急務であり、これに向けた取組は業界が一体となって進めている。さらに、大規模な普及に向けては、鉄筋コンクリートとして使用しづらいという技術的課題への対応も必須である。

土木分野では、コンクリートブロック等のプレキャスト製品が用いられやすいため、環境配慮型コンクリートの利用先としては適している。また、発注者が自治体等の公的機関であることが多く、多少のコスト増があっても環境配慮型製品が選ばれやすい土壌がある。原則として建築基準法に準拠する必要がある建築分野と異なり、発注者の了承があれば材料を選択できることも強みである。ただし、建築分野と比較して市場が小さいため、量としての普及には限界がある。

これらを踏まえ、普及に向けては、以下に取り組んでいく必要がある。ものによっては複数企業が連携して業界として対応が進めてられている。

● コスト削減の取組：

いずれの種類の製品でも、一般的なコンクリートとの差を縮めていくことが普及に向けた最大のポイントである。

- セメント代替材料の調達価格の高さが高コストの一因であり、これについては大量生産による低コスト化が考えられている
- CO₂ をコンクリートに吸収させる製法の場合、吸収に要する期間を短縮することで製品製造の回転率を上げることで、コストダウンが目指されている
- 原料や製品に吸収させる CO₂ の調達に費用が掛かっている点が、現時点での大きな課題である。環境に配慮する取組であることから、極力純度の高い CO₂ を、無償もしくは逆有償で調達できるようになることが望まれている。
- 工場のラインやサイロを環境配慮型コンクリート製造のために切り替えるとういった、オペレーションの面での負荷がコストに与える影響もある。普及が進んで一定量の需要が継続的に生じるようになれば、専用工場の整備など、効率化によるコスト削減が可能となる。

- **技術的課題の解決：**

市場の大きい建築分野での普及のためには、鉄筋コンクリートとして利用できるようになることが必須であり、各企業が技術開発を進めている段階である。

- **法的課題の解決：**

建築分野での普及に向けて、法的な課題がある。建築基準法及び関連告示において、コンクリートはセメントを材料とするものと規定されているため、セメントを全く使用しないコンクリートを建築物の基礎や主要構造部に利用しようとする際に法的な制約を受ける（建築基準法第 37 条の指定建築材料に該当せず、材料の大臣認定審査を受けられない。例外的に第 20 条の超高層建築物の構造性能評価を準用しうるが個別の建築物ごとに大臣認定を受ける必要があり、多大な期間・費用を要する）。関連告示の改正に向けて、業界団体で取組が進められてきた。

- **環境価値の適切なアピール：**

環境配慮型と呼ばれる最大のアピールポイントは、一般的なコンクリートと比較して CO₂ 排出削減・貯留効果を有することであり、その価値を、信頼できる方法で評価し適切に示していく必要がある。そのため、環境価値を明示するための CO₂ 排出削減・吸収量の算定に向けた試験方法の規格化（JIS 化）が進められている。

他方、各社が自社製品のライフサイクル GHG 排出量をアピールしているが、その算定対象は様々であり、統一されていないことにも注意が必要である。例えば、環境配慮型とするための追加の加工工程、原料・製品の輸送工程、原料（セメント等）の製造会社における Scope 3 排出量を計上対象外としているケースもある。セメントを高炉スラグに代替する場合、製造時 GHG 排出量は主産物の鉄鋼にアロケーションされ、高炉スラグの環境効果が高く見積もられている場合もあり得る。

II. 中大規模建築物の構造材となりうる木質建築材料

1. 直交集成板（Cross Laminated Timber : CLT）

1.1 建築材料としての特性

1.1.1 性能に関する情報

（1）製造方法の概要

CLT は、丸太から切り出したラミナ（挽き板）を乾燥させ、モルダー加工（木材の表面を滑らかにする加工）を経て高周波プレスによる幅はぎ接着によって作成された単層の一枚板を重ねて糊付けし、各層の繊維方向が直行するように圧着して積層した木質材料である。⁷並行層や直行層の構成を変えて床版に生じるたわみや応力を減少させることで使用条件に応じた合理的な設計を可能にしている⁸。壁、床、屋根、天井等の部材として用いられ、軸組工法、ツーバイフォー工法等に利用されている。また、階段や造作材、家具、土木（桁橋の路板）等の幅広い用途が想定される部材である。

（2）性能に関する基本情報

CLT パネルの標準サイズは 2m（2t トラックの一般的な幅が 2.3m である点を踏まえ、多くの CLT 製造メーカーが製造可能なサイズとして規定⁹）である。

CLT パネル工法による最大スパンとしては「岡山大学 共育共創コモンズ」の 18m の無柱大空間の構築例（発注者：国立大学法人岡山大学、設計：清水建設株式会社、監修：隈研吾建築都市設計事務所）がある。新技術「CLT 大梁ジョイント・メタルレス構法」を取り入れ、部材の接合部に木質系の挿入材と構造ビスを用いた継手を採用することで、金物で構成する従来の継手と比べ、初期剛性の低下を抑制した接合構造を実現した。

(写真削除)

図 27 岡山大学 共育共創コモンズ（OUC:オークス）（内観）
（出所）清水建設ウェブサイト（https://www.shimz.co.jp/works/jp_edu_202301_okayama.html）より転載

⁷ （参考）株式会社鳥取 CLT CLT ができるまで（<https://tottoriclt.co.jp/flow/>）

⁸ （参考）下妻達也、渡辺浩、大隣昭作「層構成を変えた CLT 床版の力学的挙動の解析的検討」（土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造）,Vol.77,No.5,I_64-I_69,2021）

⁹ （出所）一般社団法人日本 CLT 協会へのヒアリングによる

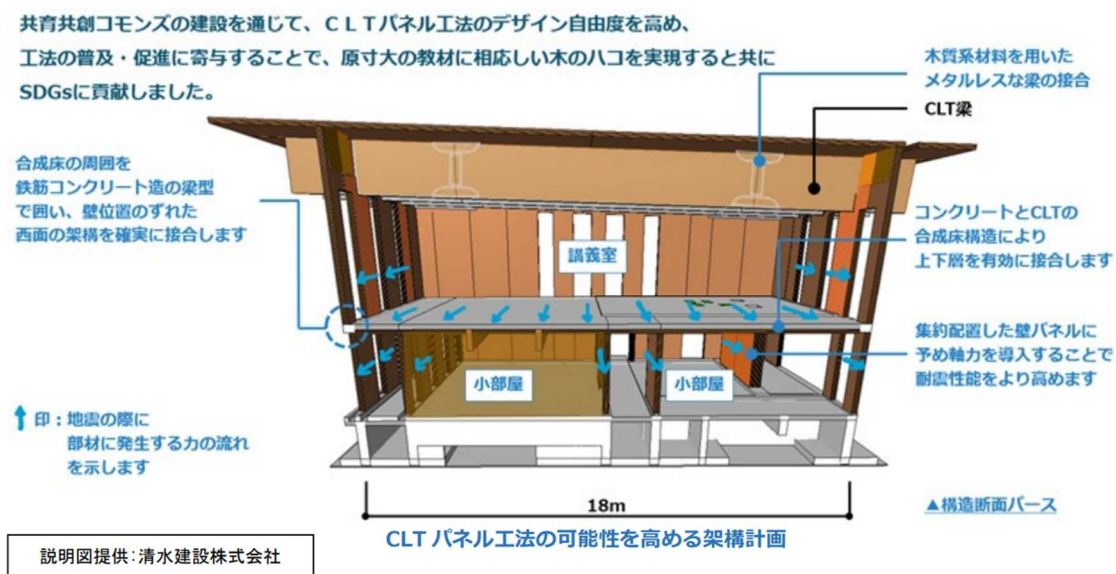


図 28 岡山大学 共有共創コモンズ 構造断面パース図

(出所) リーフレット_共有共創コモンズ概要等 (HP) (岡山大学) より転載

(https://www.engr.okayama-u.ac.jp/eng_wp/wp-content/uploads/2023/05/%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%95%E3%83%AC%E3%83%83%E3%83%88_%E5%85%B1%E8%82%B2%E5%85%B1%E5%89%B5%E3%82%B3%E3%83%A2%E3%83%B3%E3%82%BA%E6%A6%82%E8%A6%81%E7%AD%89%EF%BC%88HP%EF%BC%89.pdf)

1) CLT 材の物性に関する規格等

CLT 材について、日本農林規格 (JAS 規格) が定められている (表 21、表 22、表 23)。

表 21 CLT に係る日本農林規格

(直交集成板の曲げヤング係数及び曲げ強さの基準 (3 層 4 プライを抜粋))

	強度等級	曲げヤング係数 (GPa または 10^3N/mm^2)		曲げ強さ
		平均値	下限値	
異等級構成	Mx120-3-4	9.4	7.8	12.6
同一等級構成	S120-3-4			16.2
異等級構成	Mx90-3-4	7.0	5.8	11.0
同一等級構成	S90-3-4			13.2
異等級構成	Mx60-3-4	4.6	3.8	9.4
同一等級構成	S60-3-4			10.4
同一等級構成	S30-3-4	2.2	1.8	7.4

※Mx は Mix を指し、異等級構成 (構成する層同士の品質が同一でない直交集成板の構成であって、層の構成が直交集成板の厚さの方向の中心軸に対して対称であるもの) であること、S は Same を指し、同一等級構成 (構成する層同士の品質が同一の直交集成板の構成) であることを示す。

表 22 CLT に係る日本農林規格（直交接着層におけるせん断強さ及び木部破断率の基準）

樹種区分	樹種名	せん断強さ (MPa または N/mm ²)	木部破断率 (%)
S1	ヒノキ、ヒバ、カラムツ、アカマツ、クロマツ、ベイヒ、ダフリカカラムツ、サザン パイン、ペイマツ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	7.2	65%
S2	ツガ、アラスカイエローシダー、ベニマツ、ラジアータパイン及びベイツガ	6.6	65%
S3	モミ、トドマツ、エゾマツ、ベイモミ、スプルース、ロジポールパイン、ボンデローサパイン、オウシュウアカマツ及びジャックパイン	6.0	65%
S4	スギ及びベイスギ	5.4	70%

表 23 CLT に係る日本農林規格（サイズ・製作精度）

区分	ラミナ	CLT 木材	表示と測定における寸法の差 (CLT 木材)
厚さ	12mm 以上 50mm 以下 (原則として等厚)	36mm 以上 500mm 以下	75mm 以下 : 1.5mm 75mm 超 : ±2%
幅	300mm 以下 (※)	300mm 以上	±3.0mm
長さ	—	900mm 以上	±6.5mm
表面における対角線の差	—	—	3.0mm

※強軸方向に用いる場合は厚さの 1.75 倍以上、弱軸方向に用いる場合は厚さの 3.5 倍以上が原則

(3) 防耐火性能に関する情報

一般社団法人日本 CLT 協会が取得した国土交通省大臣認定においては、外壁・間仕切り壁・床のそれぞれに対して 2 時間の耐火性能が認められている（表 33）。なお、これらは CLT 協会が実施する講習会を受講し資格要件等を満たすことで使用可能な仕組みとなっている。

CLT を用いた主要構造部に防耐火性能を付与する方法としては、荷重支持部を準不燃材料等で覆うことで炭化を抑制する方法（防火被覆設計）と、火災時に荷重を負担する部分の周囲に荷重負担を期待しない木材断面を確保する方法（燃えしろ設計）がある（図 29）。

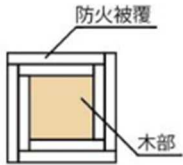
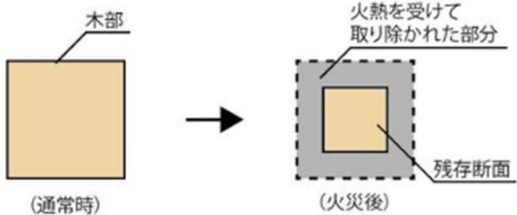
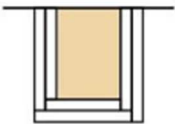
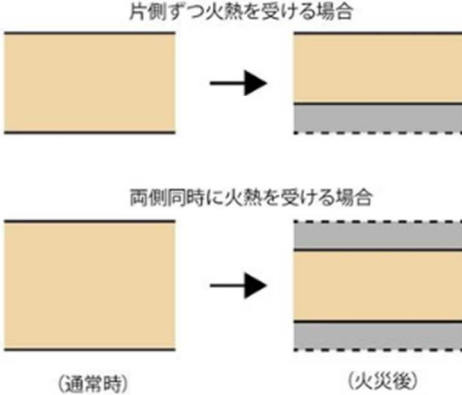
	防火被覆による構造の断面	燃えしろ設計の断面
柱		
梁 横架材		
壁 床 屋根 等		

図 29 防火被覆設計と燃えしろ設計する場合のイメージ

(出所) 銘建工業株式会社 (https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=123) より転載

1) 住宅の技術的基準（耐火構造・準耐火構造・防火構造／耐火建築物・準耐火建築物） 10

住宅の構造について耐火構造、準耐火構造、防火構造の順に高いレベルが要求される。

「耐火構造」とは、壁や床などが一定の耐火性能（通常の火災が終了するまでの間、建築物の倒壊、および延焼を防止するために必要な性能）を備えた構造のことを指し、最長3時間の火災に耐える高い性能が求められる。主要構造部である柱・梁（建物の重さを支える構造部）・床・階段（逃げる際に通る箇所）・壁・屋根（外部からの火が伝わりやすい箇所）については仕様が定められており、国土交通大臣の認定を受けたものである必要がある。

耐火性能と準耐火性能については、建築基準法第百七条にて技術的基準が定められている。主要構造部に対して通常の火災による火熱が加えられた場合に、構造耐力上支障

10 (参考) 「耐火構造」の基準。「準耐火構造」、「防火構造」との違いや特徴は？ (UR 賃貸住宅)
<https://www.ur-net.go.jp/chintai/college/202004/000503.html?msocid=2f34ed6c33476a5707dff8c732de6b32>

のある変形、溶融、破壊その他の損傷を生じないことが条件であり、建築基準法第七条内において、耐火時間が規定されている（表 28）。

「防火構造」は、比較的小規模な住宅を防火地域・準防火地域で建てる場合に求められるものである。周囲で発生した火災の延焼に巻き込まれないため、外壁と軒裏に防火性のある材料を使用し、30 分間の加熱でも支障のある変形や破壊を生じることがなく、またその裏面が出火に至る危険温度とならないことが要件となっている。

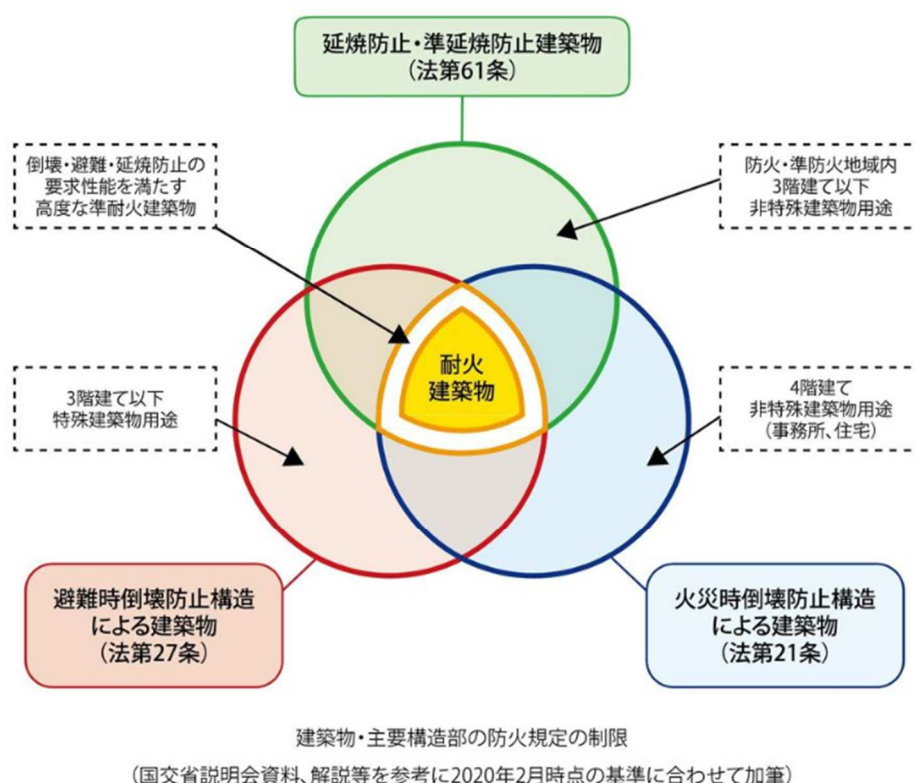
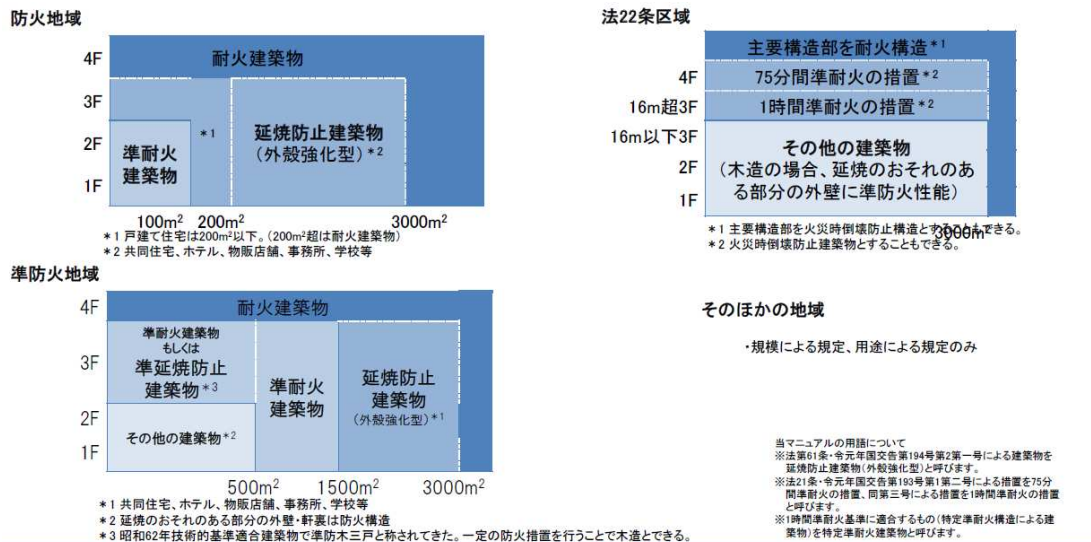


図 30 建築物・主要構造物の防火規定の制限（2020 年 2 月時点基準）

（出所）銘建工業株式会社（https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=117）より転載

表 24 防火に関する地域区分

地域区分	定義
防火地域・準防火地域	防火地域・準防火地域：市街地における火災の危険を防除するために定める地域（都市計画法第 9 条 21 項） ● 防火地域の例：都市機能が集中している地域で、都市の中心市街地や幹線道路沿いの商業・業務地区など ● 防火地域の周辺の商業地域や業務地区および居住地区など
屋根不燃区域（22 条区域）	防火地域・準防火地域以外の市街地において、火の粉が屋根に着火することによる火災の発生を防止するために定める区域（建築基準法第 22 条）



＜防火地域等による構造制限＞

階 数	防火地域			準防火地域		
	50m以下	100m以下	100m超	500m以下	500m超 1,500m以下	1,500m超
4 階以上	耐火建築物			耐火建築物		
3 階建	耐火建築物			一定の 防火措置※1	+ 準耐火 建築物相当	耐火建築物
2 階建	耐火建築物			防火構造の 建築物※2	準耐火建築物	耐火建築物
平屋建	耐火建築物			+ 防火構造の 建築物相当	準耐火建築物	耐火建築物

※1：①隣地境界線等から1m以内の外壁の開口部に防火設備、②外壁の開口部の面積は隣地境界線等からの距離に応じた数値以下、③外壁を防火構造とし屋内側から燃え抜けが生じない構造、④軒裏を防火構造、⑤柱・はりが一定以上の小径、又は防火上有効に被覆、⑥床・床の直下の天井は燃え抜けが生じない構造、⑦屋根・屋根の直下の天井は燃え抜けが生じない構造、⑧3階の室の部分とそれ以外の部分とを間仕切壁又は戸で区画することが必要。

※2：木造建築物の場合は、外壁・軒裏を防火構造とし、かつ、外壁開口部に片面防火設備を設けた建築物とする。それ以外の場合は、外壁開口部に片面防火設備を設けた建築物とする。

図 31 防火等に関する区分と構造制限

(出所) 上：(一社) 日本 CLT 協会「令和 6 年度 CLT 設計者等実務を学ぶ講習会」資料より転載

下：建築基準法 (集団規定) (国土交通省 住宅局市街地建築課)

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001717406.pdf>) より転載

表 25 各性能に関する概要

性能	法文	火災の種類	性能を求め る部分	求められる性能
防火性能	法第 2 条 第八号	周囲において 発生する通常 の火災	外壁又は 軒裏	延焼を抑制するため
準防火性能	法第 23 条		外壁	延焼の抑制一定の効果を発揮
耐火性能	法第 2 条 第七号	通常の火災	当該建築物 の部分	火災が終了するまでの間当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止
準耐火性能	法第 2 条 第八号の二			延焼を抑制するため
不燃性能	法第 2 条 第九号	通常の火災時	建築材料	火熱により延焼しないこと

表 26 耐火建築物・準耐火建築物

主要構造部 建築物	柱・梁	床・階段	壁（外壁）・ 屋根（軒裏）
	建物の重さを支える 構造部	逃げる際に通る箇所	外部からの火が伝わり やすい箇所
耐火建築物 ：「耐火構造」で建てられ、 火災の拡大を防ぎ、避難の 安全を確保する防火区画 や、外壁の延焼の恐れのある 開口部に、防火設備などが 設置されたもの	耐火構造	耐火構造	耐火構造
準耐火建築物 ：「準耐火構造」で建てられ、 火災の拡大を防ぎ、避難の 安全を確保する防火区画 や、外壁の延焼の恐れのある 開口部に、防火設備などが 設置されたもの	準耐火構造	準耐火構造	準耐火構造
	—	—	耐火構造
	不燃材料	不燃材料	防火構造

（※）耐火建築物、準耐火建築物については、「告示で定められた例示仕様」を満たし、「試験等により性能を確認したうえで、国土交通大臣の認定を受けたもの」である「耐火構造」または「準耐火構造」を満たしていることが求められる。

表 27 防火材料

材料	定義	関連規則
不燃材料	不燃性能（※）が 20 分間	建築基準法 2 条第 9 号、令 108 条の 2 平 12 建告 1400 号（不燃材料を定める件）
準不燃材料	不燃性能が 10 分間	令 1 条 1 項 5 号 平 12 建告 1401 号（準不燃材料を定める件）
難燃材料	不燃性能が 5 分間	令 1 条 1 項 6 号 平 12 建告 1402 号（難燃材料を定める件）

（※）不燃性能：火災時に壊れない、燃えない、有毒な煙やガスが出ない

（参考）吉野石膏 防火材料一覧（<https://yoshino-gypsum.com/special/sekkou/20#>）、平 12 建告 1400 号・1401 号・1402 号より MURC 作成

表 28 耐火性能に関する技術的基準

建築物の階 建築物の部分		耐火					準耐火
		最上階及び最上階から数えた階数が2以上で4以内の階	最上階から数えた階数が5以上で9以内の階	最上階から数えた階数が10以上で14以内の階	最上階から数えた階数が15以上で19以内の階	最上階から数えた階数が20以上の階	—
壁	間仕切壁（耐力壁に限る）	1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分間
	外壁（耐力壁に限る）	1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分間
柱		1 時間	1.5 時間	2 時間	2.5 時間	3 時間	45 分間
床		1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分間
はり		1 時間	1.5 時間	2 時間	2.5 時間	3 時間	45 分間
屋根		30 分間					30 分間
階段		30 分間					30 分間

※耐火性能：通常の火災が終了するまでの間当該火災による建築物の倒壊及び延焼を防止するために当該建築物の部分に必要とされる性能

（出所）総務省「e-Gov 法令検索（建築基準法施行令第百七条）」

（https://laws.e-gov.go.jp/law/325CO0000000338#Mp-Ch_4）より MURC 作成

防耐火の基準に加えて、「内装制限」にも留意が必要である。内装制限は、建物の内部で火災が発生した際に安全に避難経路を確保する目的で建物の内装材に制限を設ける規定である。

内装制限を受ける建物は、用途、階数、避難弱者、人数等による基準で決められている。不特定多数の人が利用する建物、火気使用湿、地階、避難経路等に内装制限が適用される。学校や体育館、小規模な事務所等は内装制限の対象外である。

表 29 内装制限を受ける建物の区分

用途等	制限の対象となる構造と用途に供する床面積			内装材料(天井・壁)	
	耐火建築物 もしくは特定準耐火建築物	準耐火建築物、火災時倒壊防止建築物(1時間未満)、避難時倒壊防止建築物(1時間未満)	その他	用途に供する居室	通路等
①劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場等	客室が400㎡以上	客室が100㎡以上		難燃材料 ※床面から1.2m以下の壁を除く ※3階以上の建築物の天井は、準不燃材料	準不燃材料
②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、共同住宅、寄宿舎下宿、児童福祉施設等	3階以上の部分の合計が300㎡以上	2階部分の合計が300㎡以上	床面積の合計が200㎡以上		
③百貨店、マーケット、展示場、カフェ、飲食店等	3階以上の部分の合計が1,000㎡以上	2階部分の合計が500㎡以上			
地階、地下工作物内の①～③の用途	すべて			準不燃材料	
自動車車庫、自動車修理工場					
無窓の居室(天井高が6mを超えるものを除く)	—			難燃材料 ※床面から1.2m以下の壁を除く	
火を使用する調理室、浴室、ボイラー室、作業室等					
大規模建築物	・階数3以上で延べ面積500㎡超 ・階数2以上で延べ面積1,000㎡超 ・階数1以上で延べ面積3,000㎡超				

(出所) (一社) 日本 CLT 協会「令和 5 年度 CLT 設計者等実務が分かる講習会 実務講座 説明資料」
(https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/06/chishikiikuseishien_Kanmatu2.pdf) より転載

表 30 内装仕上げを木材とすることができる建築物の部分

	室内の仕上げを木材とすることができる建築物の部分など	対象条文
1	床および床上1.2m以下の壁や窓枠など(一部の用途を除いた居室)	令第128条の5
2	難燃 もしくは 準不燃材料の大臣認定を取得した木材	令第128条の5
3	壁・天井の見付面積の1/10以下の範囲	建築物の防火避難規定の解説(JCBA)
4	天井を準不燃材料とした居室の壁(難燃材料を要求されている部分のみ)	H12年建告第1439号
5	天井を準不燃材料とし、スプリンクラー設備などを設置した部分の壁	R2年国交告第251号第三号
6	防火設備などで床面積100m ² 以内に区画された天井高さ3m以上の居室の壁・天井(一部の用途を除く)	R2年国交告第251号第一号
7	スプリンクラー設備等を設置した延べ面積500m ² 以下の建物における避難階または避難階の直上階に存する避難が容易な建築物の部分(一部の用途を除く)	R2年国交告第251号第二号
8	スプリンクラー設備等と排煙設備を設置した室の壁・天井	R2年国交告第251号第四号
9	火気近傍を特定の不燃措置した火気使用室の壁	H28年国交告第255号
10	避難安全検証法により安全性を検証した室の壁・天井	令第129条、令第129条の2

※内装制限が適用されない建物(学校や小規模な事務所など)では上記にかかわらず木内装を利用可。

(出所) (一社) 日本 CLT 協会「令和 5 年度 CLT 設計者等実務が分かる講習会 実務講座 説明資料」
(https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/06/chishikiikuseishien_Kanmatu2.pdf) より転載

内装制限への対応としては、上表の通り、「不燃材、準不燃材、難燃材を必要に応じて使用する」「可燃性ガスを室外に排出する排煙設備を設ける」「天井を高くする」といった方法がある。

木材を難燃、不燃材とするためには、そのための薬剤を含ませる手段があり、従来は木材にそれらの薬剤を注入し浸透させる「含浸」を行うのが一般的であったが、近年、表面に塗料を塗ることで難燃性を確保する「塗布」タイプの例も見られている¹¹。

¹¹ (参考) 木材を難燃化するための塗料として、大成建設(株)は「難燃 WOOD 塗るだけ」、ライフデザイン・カバヤ(株)は「なんねん CLT コート」、(株)竹中工務店ほかは「燃エンヌール」を開発している。
(https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2022/220523_8786.html)
(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000217.000026371.html>)
(https://www.takenaka.co.jp/news/2025/01/01/pdf/20250115_Release_jyunhunenzairyou.pdf)

2) 告示内に定められた各構造に関する規定

各構造については、告示により仕様が定められている。下表に CLT 材を用いる際の技術概要を示す。また、次項目以降に各構造に用いる場合の具体仕様を記載する。

表 31 防耐火構造に関する概要表

構造		定義	関連規則 (告示に基づく認定取得が必要)	CLT で性能を担保するための主な技術
耐火構造	1.5 時間	延焼火災を防ぐだけでなく、他の部屋への燃え広がりを防ぐなど被害の拡大を抑える(耐火)。	令 5 国交告第 207 号	■ 強化せっこうボード 3 枚重ね張りや外装材の利用
	1 時間		平 12 年建告第 1399 号	■ 間仕切壁、外壁については、強化せっこうボードの積層や強化せっこうボードとけい酸カルシウム板／軽量気泡コンクリートパネルの積層。 ■ 床・屋根・階段については強化せっこうボードの 2 層積層
準耐火構造	90 分		令元国交告第 194 号	■ 強化せっこうボードまたは外装材の利用や燃えしろ設計(外壁)。
	75 分		令元国交告第 193 号	■ 強化せっこうボードまたは外装材の利用や燃えしろ設計。
	60 分		令元国交告第 195 号	■ 間仕切壁(耐力壁)について、強化せっこうボードまたは外装材の利用や燃えしろ設計。 ■ 外壁について、鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネルの利用や燃えしろ設計。 ■ 床について、木材の利用や合板とせっこうボードの積層、強化せっこうボードと他素材の積層。
	45 分		平 12 年建告第 1358 号	■ 間仕切壁(耐力壁)について、強化せっこうボードや燃えしろ設計。 ■ 外壁について、鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネルの利用や燃えしろ設計。 ■ 床について、木材の利用や合板とせっこうボードの積層、強化せっこうボードと他素材
防火構造		建物の周辺で火災が発生した場合に、該当する建物に燃え移らない(防火)。	平 12 年建告第 1359 号	①間仕切壁(耐力壁) ・屋外側被覆材：鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／窯業系サイディング ・屋内側被覆材：せっこうボード ②軒裏 ※上位の仕様に従う。

※30 分準耐火(屋根・階段)は割愛した。

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより MURC 作成

表 32 防耐火構造に関する概要表（構造ごとの概要併記）

構造		定義	関連規則 （告示に 基づく認 定取得が 必要）	CLT で性能を担保するための主な技術
耐火構造	1.5 時間	延焼火災を防ぐだけでなく、他の部屋への燃え広がりを防ぐなど被害の拡大を抑える（耐火）。	令 5 国交 告第 207 号	■ 強化せっこうボード 3 枚重ね張り ①間仕切壁（耐力壁） 強化せっこうボード 3 枚重ね張り ②外壁 強化せっこうボード 3 枚重ね張り／外装材 ③床 強化せっこうボードを 3 枚重ね張り
	1 時間		平 12 年建 告第 1399 号	■ 間仕切壁、外壁については、強化せっこうボードの積層や強化せっこうボードとけい酸カルシウム板／軽量気泡コンクリートパネルの積層。 ■ 床・屋根・階段については強化せっこうボードの 2 層積層 ①間仕切壁（耐力壁） 強化せっこうボード×強化せっこうボード／けい酸カルシウム板／軽量気泡コンクリートパネル ②外壁 ・屋外被覆材 強化せっこうボード／外装材 ・屋内被覆材 強化せっこうボード×強化せっこうボード／けい酸カルシウム板／軽量気泡コンクリートパネルの複数積層（2～3 層） ③床 ・床上被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 ・床下被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 ④屋根（30 分耐火構造） ・屋根側葺き材・仕上げ材 屋根側葺き材 ・屋内側被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 ⑤階段（30 分耐火構造） ・段版の被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 ・屋内側被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層
準耐火構造	90 分		令元国交 告第 194 号	■ 強化せっこうボードまたは外装材の利用や燃えしろ設計（外壁）。 ①外壁 ・屋外被覆材 強化せっこうボード／外装材 ・屋内被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 65mm（使用環境 A） 燃えしろ 85mm（使用環境 B）

構造		定義	関連規則 (告示に 基づく認 定取得が 必要)	CLT で性能を担保するための主な技術
				②軒裏 ・屋外側の被覆には、防水性・防カビ性を付加した強化せっ こうボードを使用
	75 分		令元国交 告第 193 号	■ 強化せっこうボードまたは外装材の利用や燃えしろ設 計。 ①間仕切壁（耐力壁） 【防火被覆】 ・強化せっこうボードの 2 層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 65mm（使用環境 A） 燃えしろ 85mm（使用環境 B） ・被覆側：強化せっこうボードの 2 層積層 ②外壁（耐力壁） ・屋外被覆材 強化せっこうボード／外装材 ・屋内被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 65mm（使用環境 A） 燃えしろ 85mm（使用環境 B） ③床 ・床上被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 ・屋内側被覆材 強化せっこうボードの 2 層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 65mm（使用環境 A） 燃えしろ 85mm（使用環境 B） ④軒裏 ・屋外側の被覆には、防水性・防カビ性を付加した強化せっ こうボードを使用
	60 分		令元国交 告第 195 号	■ 間仕切壁（耐力壁）について、強化せっこうボードまた は外装材の利用や燃えしろ設計。 ■ 外壁について、鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／ 硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネルの利 用や燃えしろ設計。 ■ 床について、木材の利用や合板とせっこうボードの積層、 強化せっこうボードと他素材の積層。 ①間仕切壁（耐力壁） 【防火被覆】 ・強化せっこうボード 2 層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 45mm（使用環境 A） 燃えしろ 60mm（使用環境 B） ・被覆側：強化せっこうボード 2 層積層 ②外壁 【防火被覆】

構造		定義	関連規則 (告示に 基づく認 定取得が 必要)	CLT で性能を担保するための主な技術
				・屋外側被覆材：鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネル ・屋内側被覆材：せっこうボード／強化せっこうボードとせっこうボードの2層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 45mm（使用環境 A） 燃えしろ 60mm（使用環境 B） ③床 【防火被覆】 ・床上側被覆材：厚さ 40mm 以上の木材、あるいは合板等とせっこうボードの積層 ・床下側被覆材：強化せっこうボードと強化せっこうボード／RW（ロックウール）／GW（グラスウール）の積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 45mm（使用環境 A） 燃えしろ 60mm（使用環境 B） ④軒裏 【防火被覆】 ・硬質木片セメント板
	45分		平 12 年建 告第 1358 号	■ 間仕切壁（耐力壁）について、強化せっこうボードや燃えしろ設計。 ■ 外壁について、鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネルの利用や燃えしろ設計。 ■ 床について、木材の利用や合板とせっこうボードの積層、強化せっこうボードと他素材の積層。（60 分準耐火と特徴は同じ） ①間仕切壁（耐力壁） 【防火被覆】 ・強化せっこうボード単層あるいは2層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 35mm（使用環境 A） 燃えしろ 45mm（使用環境 B） ・被覆側：強化せっこうボード単層あるいは2層積層 ②外壁 【防火被覆】 ・屋外側被覆材：鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／硬質木片セメント板／軽量気泡コンクリートパネル ・屋内側被覆材：せっこうボード／強化せっこうボードとせっこうボードの2層積層 【燃えしろ設計】 ・燃えしろ側：燃えしろ 35mm（使用環境 A） 燃えしろ 45mm（使用環境 B） ③床 【防火被覆】 ・床上側被覆材：厚さ 30mm 以上の木材、あるいは合板等とせっこうボードの積層

構造		定義	関連規則 (告示に 基づく認 定取得が 必要)	CLT で性能を担保するための主な技術
				- 床下側被覆材：強化せっこうボード、あるいは強化せっこうボードに RW（ロックウール）又は GW 【燃えしろ設計】 - 燃えしろ側：燃えしろ 35mm（使用環境 A） 燃えしろ 45mm（使用環境 B） ④軒裏 【防火被覆】 - 硬質木片セメント板 【垂木・野地板を木材現しとする場合】 - 野地板：厚さ 30mm 以上の木材 - 面戸板：厚さ 45mm 以上の木材
防火構造		建物の周辺で火災が発生した場合に、該当する建物に燃え移らない（防火）。	平 12 年建 告第 1359 号	①間仕切壁（耐力壁） - 屋外側被覆材：鉄網モルタル塗り／鉄鋼軽量モルタル／窯業系サイディング - 屋内側被覆材：せっこうボード ②軒裏 ※上位の仕様に従う。

※30 分準耐火（屋根・階段）は割愛した。

※防火は外壁や軒裏に一定の防火性能を備えていることなどが基準である。

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより MURC 作成

① 耐火構造（1.5 時間：令 5 国交告第 207 号）¹²

i)間仕切壁（耐力壁）

間仕切壁は、準耐火構造と同様に屋内火災時に同時に加熱を受ける面それぞれについて耐火仕様とする必要がある。耐火構造の場合は被覆材として強化せっこうボード（ボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を 95%以上、ガラス繊維の含有率を 0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を 2.5%以上としたものに限る）を使用する。

両面の被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

ii)外壁

屋外側の被覆には、耐久性上の配慮として防水性・防カビ性を付加した強化せっこうボードを使用する。

屋外側被覆材	屋内側被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

または

外装材（いずれかを選択）	屋内側被覆材
- 金属板 - 軽量気泡コンクリートパネル - 窯業系サイディング - モルタル - しっくい	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

iii)床

床上被覆材	屋内側被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

¹² （出所）一般社団法人日本 CLT 協会「2024 年実務者のための CLT 建築物設計の手引き」

② 耐火構造（1 時間：平 12 年建告第 1399 号）

i)間仕切壁（耐力壁）

間仕切壁は、準耐火構造と同様に屋内火災時に同時に加熱を受ける面それぞれについて耐火仕様とする必要がある。

耐火構造の場合は被覆材として強化せっこうボード（ボード用原紙を除いた部分のせっこうの含有率を 95%以上、ガラス繊維の含有率を 0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を 2.5%以上としたものに限る。以下同じ。）を使用する。

両面の被覆材
・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード、その上に厚さ 8mm 以上のけい酸カルシウム板 ・ 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 50mm 以上の軽量気泡コンクリートパネル

ii)外壁

屋外側の被覆には、耐久性上の配慮として防水性・防カビ性を付加した強化せっこうボードを使用する。

屋外側被覆材	屋内側被覆材（いずれかを選択）
・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード	・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード、その上に厚さ 8mm 以上のけい酸カルシウム板 ・ 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 50mm 以上の軽量気泡コンクリートパネル

または

外装材	屋内側被覆材（いずれかを選択）
・ 金属板 ・ 軽量気泡コンクリートパネル ・ 窯業系サイディング ・ モルタル ・ しっくい	・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード、その上に厚さ 8mm 以上のけい酸カルシウム板 ・ 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 50mm 以上の軽量気泡コンクリートパネル

iii)床

床上被覆材	屋内側被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード	厚さ 25mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード(※重ねる順番は逆も可)

iv)屋根 (30 分耐火構造)

屋根葺き材は準耐火構造と同様に地域・地区の指定に従う。

屋根側葺き材・仕上げ材	屋内側被覆材
屋根側葺き材	厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 12mm 以上の強化せっこうボード(※重ねる順番は逆も可)

v)階段 (30 分耐火構造)

耐火構造の場合、段板及び階段裏面の被覆のほかに両側面に 1 時間耐火構造の壁を配置する必要がある。

段版の被覆材	屋内側被覆材
厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード(※重ねる順番は逆も可)	厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 12mm 以上の強化せっこうボード(※重ねる順番は逆も可)

③ 準耐火構造(75 分：令元国交告第 193 号、90 分：令元国交告第 194 号)

i)間仕切壁 (耐力壁)

間仕切壁は、屋内火災時に同時に加熱を受ける面それぞれについて準耐火仕様とする必要があり、CLT パネル両面の表層を同様に燃えしろ設計する場合は、パネルが厚くなり間取りやコストにおいて現実的ではないため、片面を被覆仕様とした。被覆材として強化せっこうボード（ボード用紙を除いた部分のせっこう含有率を 95%以上、ガラス繊維の含有量を 0.4%以上とし、かつ、ひる石の含有率を 2.5%以上としたものに限る。）を使用する。

➤ 75 分準耐火構造

防火被覆する場合

厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）	被覆側
- 燃えしろ 65mm （使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 85mm （使用環境 B に適合する場合） ※残存断面寸法 200mm 以上	厚さ 21mm 以上のせっこうボード上に厚さ 21mm 以上のせっこうボード

ii)外壁（耐力壁）

断熱材は GW、RW、厚さは地域による必要厚さとなる。横桟は断熱材の厚さとあわせて配置する。縦胴縁は通気層を確保するため配置する。外壁を燃えしろ設計する場合は、屋内、屋外の同時火災は考慮する必要がないため、燃えしろは屋外面、屋内面いずれかの片面燃えしろで計算すれば良い。したがって、燃えしろ設計をすれば防耐火上の防火被覆は不要とすることができる。ただし、屋外に突出した外壁や独立した外壁は両面燃えしろで計算する必要がある。なお、屋外側に CLT を現しとする場合は、使用環境 A に適合した接着剤を用いた CLT パネルとし、塗装などの耐候性、耐久性上の配慮が求められる。外装材を施した場合は、使用環境 B に適合した接着剤を用いた CLTI パネルとすることもできる。

➤ 75 分準耐火構造

屋外側被覆材	屋内側被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード

または

外装材（いずれかを選択）	屋内側被覆材
- 金属板 - 軽量気泡コンクリート - 窯業系サイディング - モルタル - しっくい	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）
- 燃えしろ 65mm（使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 85mm（使用環境 B に適合する場合） ※残存断面寸法 200mm 以上

※燃えしろは屋外側・屋内側の同時加熱は考慮しなくてよいが、各々の加熱面の場合を検討する（対称断面なので断面計算は同じとする）。

➤ 90 分準耐火構造

屋外側の被覆には、耐久性上の配慮として防水性・防カビ性を付加した強化せっこうボードを使用する。

屋外側被覆材（いずれかを選択）	屋内側被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

または

外装材（いずれかを選択）	屋内側被覆材
- 金属板 - 軽量気泡コンクリート - 窯業系サイディング - モルタル - しっくい	厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードを 3 枚重ね張り（合計 63mm 以上とする）

iii)床（75 分準耐火構造）

床上被覆材	床下被覆材
厚さ 21mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード	厚さ 25mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 21mm 以上の強化せっこうボード（※重ねる順番は逆も可）

燃えしろ設計する場合

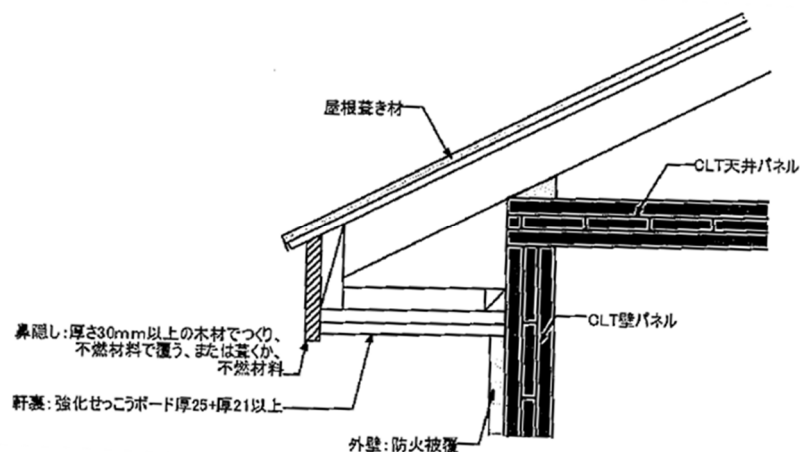
燃えしろ側（いずれかを選択）
- 燃えしろ 65mm（使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 85mm（使用環境 B に適合する場合） ※残存断面寸法 200mm 以上

※燃えしろは床上側・天井側の同時加熱は考慮しなくてよいが、各々の加熱面の場合を検討する。

iv)軒裏

➤ 75 分準耐火構造

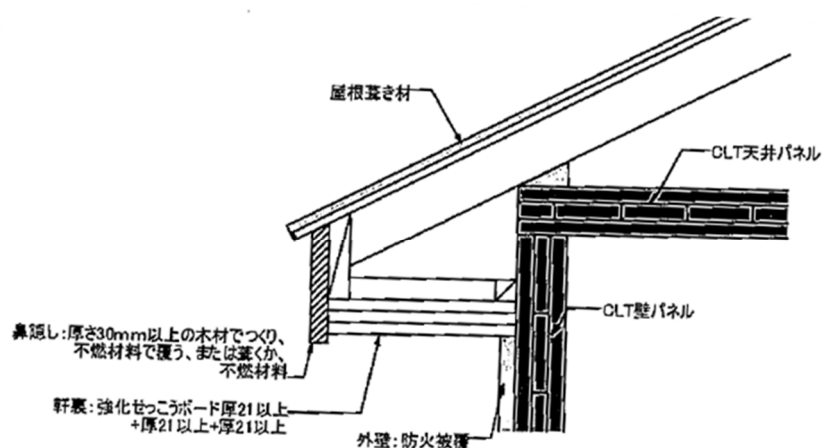
屋外側の被覆には、耐久性上の配慮として防水性・防カビ性を付加した強化せっこうボードを使用する。



(出所) 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引き (一般社団法人日本 CLT 協会) 3-262 より転載

➤ 90 分準耐火構造

屋外側の被覆には、耐久性上の配慮として防水性・防カビ性を付加した強化せっこうボードを使用する。



(出所) 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引き (一般社団法人日本 CLT 協会) 3-262 より転載

④ 準耐火構造（45 分：平 12 年建告第 1358 号、1 時間：令元国交告第 195 号）

間仕切壁は、屋内火災時に同時に加熱を受ける面それぞれについて準耐火仕様とする必要があり、CLT パネル両面の表層を同様に燃えしろ設計する場合は、パネルが厚くなり間取りやコストにおいて現実的ではないため、片面を被覆仕様とした。

i)間仕切壁（耐力壁）

➤ 45 分準耐火構造

防火被覆する場合（いずれかを選択）

・ 厚さ 15mm 以上のせっこうボード ・ 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード
--

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）	被覆側（いずれかを選択）
・ 燃えしろ 35mm （使用環境 A に適合する場合） ・ 燃えしろ 45mm （使用環境 B に適合する場合）	・ 厚さ 15mm 以上のせっこうボード ・ 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード

➤ 1 時間準耐火構造

防火被覆する場合

・ 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 12mm 以上のせっこうボード

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）	被覆側
・ 燃えしろ 45mm （使用環境 A に適合する場合） ・ 燃えしろ 60mm （使用環境 B に適合する場合）	・ 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 12mm 以上のせっこうボード

日本 CLT 協会が取得した界壁遮音構造の大臣認定の 2 仕様については、防耐火上は準耐火構造の燃えしろ設計で考える。界壁の場合は両面同時加熱を考慮する必要がないため、後述する外壁と同様に燃えしろはいずれかの片面で検討すればよい。燃えしろ寸法は準耐火構造の要求される時間に応じた寸法とする。また、CLT パネルの目地は雇い実とする。なお、この認定を使用する場合は、日本 CLT 協会が定める運用規定に基づく認定者による設計・検査が必要になる。

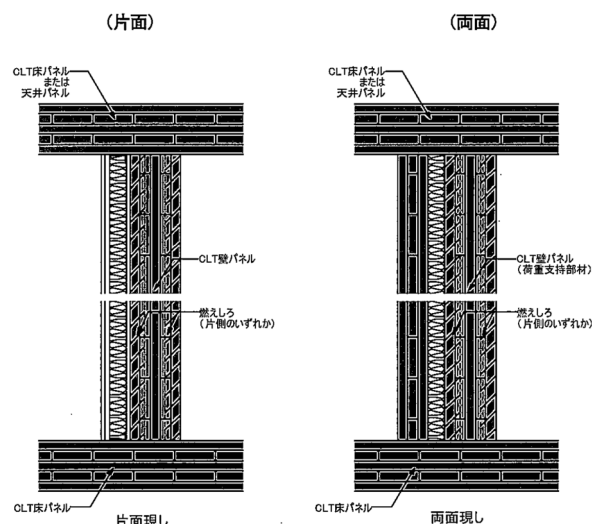


図 32 界壁遮音構造の大臣認定仕様垂直断面図

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

ii)外壁（耐力壁）

断熱材は GW（グラスウール）、RW（ロックウール）、厚さは地域による必要厚さとなる。横桟は断熱材の厚さとあわせて配置する。縦胴縁は通気層を確保するため配置する。

外壁を燃えしろ設計する場合は、屋内、屋外の同時火災は考慮する必要がないため、燃えしろは屋外面、屋内面いずれかの片面燃えしろで計算すれば良い。したがって、燃えしろ設計をすれば防耐火上の防火被覆は不要とすることができる。ただし、屋外に突出した外壁や独立した外壁は両面燃えしろで計算する必要がある。

なお、屋外側に CLT を現しとする場合は、使用環境 A に適合した接着剤を用いた CLT パネルとし、塗装などの耐候性、耐久性上の配慮が求められる。外装材を施した場合は使用環境 B に適合した接着剤を用いた CLT パネルとすることもできる。

➤ 45 分準耐火構造

防火被覆する場合

屋外側被覆材（いずれかを選択）	屋内側被覆材（いずれかを選択）
- 厚さ 20mm 以上の鉄網モルタル塗り - 厚さ 20mm 以上の鉄鋼軽量モルタル（有機量 8%以下） - 厚さ 18mm 以上の硬質木片セメント板 - 厚さ 35mm 以上の軽量気泡コンクリートパネル	- 厚さ 15mm 以上のせっこうボード - 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード
※1 時間準耐火構造の屋外側被覆材仕様と同様	

燃えしろ設計する場合（いずれかを選択）

燃えしろ側（いずれかを選択）
- 燃えしろ 35mm（使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 45mm（使用環境 B に適合する場合）

➤ 1 時間準耐火構造

防火被覆する場合

屋外側被覆材（いずれかを選択）	屋内側被覆材（いずれかを選択）
- 厚さ 20mm 以上の鉄網モルタル塗り - 厚さ 20mm 以上の鉄鋼軽量モルタル（有機量 8%以下） - 厚さ 18mm 以上の硬質木片セメント板 - 厚さ 35mm 以上の軽量気泡コンクリートパネル	- 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 12mm 以上のせっこうボード - 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）
- 燃えしろ 45mm（使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 60mm（使用環境 B に適合する場合）

iii)床

➤ 45 分準耐火構造

防火被覆する場合

床上側被覆材（いずれかを選択）	床下被覆材（いずれかを選択）
- 厚さ 30mm 以上の木材 - 厚さ 12mm 以上の合板等（構造用合板。構造用パネル・パーティクルボード等）の上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード	- 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード - 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上部に厚さ 50mm 以上の RW（ロックウール）（かさ比重 0.024 以上）又は GW（グラスウール）（かさ比重 0.024 以上）

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）
- 燃えしろ 35mm（使用環境 A に適合する場合） - 燃えしろ 45mm（使用環境 B に適合する場合）

➤ 1 時間準耐火構造

防火被覆する場合

床上側被覆材（いずれかを選択）	床下被覆材（いずれかを選択）
・ 厚さ 40mm 以上の木材 ・ 厚さ 12mm 以上の合板等（構造用合板。構造用パネル・パーティクルボード等）の上に厚さ 12mm 以上のせっこうボード	・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 12mm 以上のせっこうボードをはり、その上部に厚さ 50mm 以上の RW（ロックウール）（かさ比重 0.024 以上）又は GW（グラスウール）（かさ比重 0.024 以上） ・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上に厚さ 12mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボードをはり、その上部に厚さ 50mm 以上の RW（かさ比重 0.024 以上）又は GW（かさ比重 0.024 以上）

燃えしろ設計する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）
・ 燃えしろ 45mm（使用環境 A に適合する場合） ・ 燃えしろ 60mm（使用環境 B に適合する場合）

iv)屋根

屋根葺き材は地域・地区の指定に従う。被覆型の場合、地域・地区によらず屋根葺き材に不燃材料が要求される仕様がある。

屋根の断熱層は、屋根パネルの屋外側に断熱材を張る外張り断熱とするか、屋内側防火被覆に断熱材を含む仕様とした天井断熱のいずれかとする。

➤ 30 分準耐火構造（屋根葺き材を不燃材料とする場合）

防火被覆する場合

屋外側葺き材・仕上げ材	床下被覆材（いずれかを選択）
・ 不燃材料（瓦・金属板・平板スレート等）で葺く又はつくる。	・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 9mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード ・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上部に厚さ 50mm 以上の RW（ロックウール）（かさ比重 0.024 以上）又は GW（グラスウール）（かさ比重 0.024 以上）

➤ 30 分準耐火構造（屋根葺き材を不燃材料に限定しない場合）

防火被覆する場合

屋外側葺き材・仕上げ材	屋内側被覆材（いずれかを選択）
・ 屋根葺き材	・ 厚さ 15mm 以上の強化せっこうボード ・ 厚さ 12mm 以上のせっこうボードの上に厚さ 9mm 以上のせっこうボード ・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボードの上部に厚さ 50mm 以上の RW（ロックウール）（かさ比重 0.024 以上）又は GW（グラスウール）（かさ比重 0.024 以上）

または

屋外側葺き材・仕上げ材	屋内側被覆材
・ 屋根葺き材と厚さ 9mm 以上の野地板（構造用合板等）	・ 厚さ 12mm 以上の強化せっこうボード

燃えしろ設計する場合

屋外側葺き材・仕上げ材	屋内側被覆材（いずれかを選択）
・ 屋根葺き材	・ 燃えしろ設計 25mm（使用環境 A に適合する場合） ・ 燃えしろ設計 30mm（使用環境 B に適合する場合）

v)階段（30 分準耐火構造）

階段は特に CLT 建築と一般木造建築の違いはない。段板、側桁に厚さの薄い CLT を使用することは可能である。なお、側桁が屋外側に面する場合、間仕切壁に面する場合はせっこうボード上に側桁が配置される必要がある

木材厚板のみで構成する場合

燃えしろ側（いずれかを選択）
・ 段板：厚さ 60mm 以上の木材 段板を支える桁：厚さ 60mm 以上の木材 ・ 厚さ 60mm 未満の木材を使用する場合は防火被覆する（平成 12 建告第 1358 号第 6 による）

vi)軒裏

屋根・外壁を CLT パネルとし、「外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られている」状態の場合、例示仕様の 1 時間準耐火構造の軒裏となる。軒裏を現しとする場合は、使用環境 A 又は使用環境 B に適合する CLT パネルとし、耐久性上の配慮をする。

➤ 45 分準耐火構造

軒裏を防火被覆する場合

- | |
|------------------------|
| ・ 厚さ 12mm 以上の硬質木片セメント板 |
|------------------------|

垂木・野地板を木材現しとする場合

- | |
|---------------------|
| ・ 野地板：厚さ 30mm 以上の木材 |
| ・ 面戸板：厚さ 45mm 以上の木材 |

➤ 1 時間準耐火構造

軒裏を防火被覆する場合

- | |
|------------------------|
| ・ 厚さ 18mm 以上の硬質木片セメント板 |
|------------------------|

⑤ 防火構造（平 12 年建告第 1359 号）¹³

i)外壁

➤ 防火構造

屋外側被覆材（いずれかを選択）	屋内側被覆材
・ 厚さ 20mm 以上の鉄網モルタル塗り ・ 厚さ 20mm 以上の鉄網軽量モルタル（有機量 8%以下） ・ 厚さ 15mm 以上の窯業系サイディング（中実品） ・ 厚さ 18mm 以上の窯業系サイディング（中空品で中空部を除く厚さが 7mm 以上）	厚さ 9.5mm 以上のせっこうボード

ii)軒裏

屋根・外壁を CLT パネルとする場合は、「外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られている」状態として、例示仕様は 1 時間準耐火構造の軒裏と見なすことができる（上位の性能は下位の性能を包含するため、1 時間準耐火構造は防火構造にも用いることができる）。なお、外壁によって小屋裏又は天井裏と防火上有効に遮られていない場合は、軒裏を防火被覆する。もしくは面戸板及び被覆材を設けて、垂木・野地板を木材現し

¹³ 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年実務者のための CLT 建築物設計の手引きより

とする方法がある。

3) 告示に準じて取得した国土交通大臣認定仕様について

日本 CLT 協会、銘建工業株式会社によって取得されている大臣認定仕様について、その概略を紹介する。この認定を使用する場合は、日本 CLT 協会が定める運用規準に基づく認定管理技術者講習会を受講した認定者による設計・検査が必要である。

また、FP120BP-0079 及び床の 2 時間耐火構造は、銘建工業株式会社で取得した大臣認定を日本 CLT 協会で管理運営して使用している。

表 33 CLT パネル工法別耐火性能（壁・床） ※一般社団法人日本 CLT 協会が認定取得

分類	木造構造で用いられる材の例					
建築材料の種類 (用途)	直交集成板造外壁		直交集成板間仕切壁		直交集成板床	
製品名（企業名）	—		—		—	
JIS 規格	—		—		—	
大臣認定	FP120BE-0176	FP120BE-0189	FP120BP-0079	FP120BP-0082	FP120FL-0167(1)	FP120FL-0167(2)
用途	外壁（耐力壁）		間仕切壁		床	
構成材料・構造 方法の名称	強化せっこうボード 3 枚重・人造鉱物繊維断熱材裏張／直交集成板造外壁		両面強化せっこうボード 3 枚重張／直交集成板間仕切壁		強化せっこうボード 3 枚重下張／直交集成板床	
	軽量気泡コンクリートパネル・両面薬剤処理ボード用原紙張 せっこう板重表張	軽量気泡コンクリートパネル・強化せっこうボード表張	人造鉱物繊維断熱材充てん	—	強化せっこうボード 3 枚重上張	強化せっこうボード 3 枚重・木質ボード上張
規格	—		—		—	
耐火性能	120 分耐火		120 分耐火		120 分耐火	

(写真削除)

図 33 FP120BE-0176 及び FP120BP-0082 認定の取得における実験の様子

（出所）一般社団法人 CLT 協会、国立大学法人東京農工大学、国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所の 2018 年 11 月 16 日プレスリリース（[20181114_02.pdf](#)）より転載

① 耐火構造 外壁認定仕様

日本 CLT 協会では、以下の仕様による 2 時間耐火構造の認定を取得している。
何れの仕様についても、

i)耐火構造（2 時間）外壁認定仕様（1）

ALC パネル+強化せっこうボード 2 枚重張り仕様（FP120BE-0176）

外壁	軽最気泡コンクリートパネル+強化せっこうボード 2 枚重張り
断熱材	無機系断熱材（GW）内張り断熱
室内側	強化せっこうボード 3 枚重張り

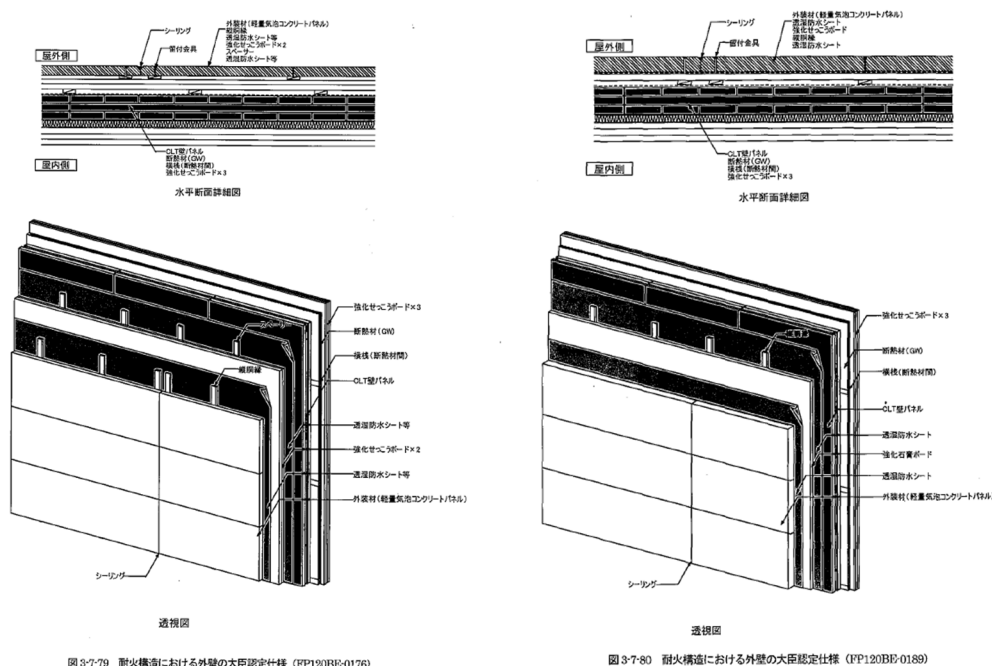


図 34 防火構造における外壁の大臣認定仕様

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

ii)耐火構造（2 時間）外壁認定仕様（2）

ALC パネル+強化せっこうボード 1 枚重張り仕様（FP120BE-0189）

外壁	軽最気泡コンクリートパネル+強化せっこうボード 1 枚重張り
断熱材	無機系断熱材（GW）内張り断熱
室内側	強化せっこうボード 3 枚重張り

② 耐火構造 間仕切壁認定仕様

日本 CLT 協会では、以下の仕様による 2 時間耐火構造の認定を取得している。

i)耐火構造間仕切壁認定仕様（1）（耐火被覆のみ）（FP120BP-0082）

耐火被覆	両面強化せっこうボード3枚重張り
------	------------------

ii)耐火構造間仕切壁認定仕様 (2) (断熱材充てん) (FP120BP-0079)

耐火被覆	両面強化せっこうボード3枚重張り
断熱材	無機断熱材

③ 耐火構造 床認定仕様

i)耐火構造床認定仕様 (1) (耐火被覆のみ) (FP120FL-0167(1))

耐火被覆	両面強化せっこうボード3枚重張り
------	------------------

ii)耐火構造床認定仕様 (2) (木質ボード上張り) (FP120FL-0167(2))

耐火被覆	両面強化せっこうボード3枚重張り・木質ボード上張り
------	---------------------------

④ 耐火構造 屋根認定仕様

i)耐火構造屋根認定仕様 (1) (FP030RF-1959(1))

葺材 [かわら製、スレート製、金属板製、アスファルトシングル製] 表張り

葺材	かわら・スレート・金属・アスファルトシングル製
断熱材	無機断熱材裏張り
耐火被覆	強化せっこうボード1枚張り

ii)耐火構造屋根認定仕様 (2) (FP030RF-1959(2))

葺材 [塗膜防水製、シート防水製、アスファルト防水製] 木質ボード・ポリスチレンフォーム板表張り

葺材	塗膜防水・シート防水・アスファルト防水製・木質ボード・ポリスチレンフォーム板表張り
断熱材	無機断熱材裏張り
耐火被覆	強化せっこうボード1枚張り

iii)耐火構造屋根認定仕様 (3) (FP030RF-1959(3))

葺材 [塗膜防水製、シート防水製、アスファルト防水製] 木質ボード・ウレタンフォーム板表張り

葺材	塗膜防水・シート防水・アスファルト防水製・木質ボード・ウレタンフォーム板表張り
断熱材	無機断熱材裏張り
耐火被覆	強化せっこうボード1枚張り

iv)耐火構造屋根認定仕様 (4) (FP030RF-1959(4))

葺材 [塗膜防水製、シート防水製、アスファルト防水製] 木質ボード・ポリエチレ

ンフォーム板表張り

葺材	塗膜防水・シート防水・アスファルト防水製・木質ボード・ポリエチレンフォーム板表張り
断熱材	無機断熱材裏張り
耐火被覆	強化せっこうボード1枚張り

v)耐火構造屋根認定仕様 (5) (FP030RF-1959(5))

葺材〔塗膜防水製、シート防水製、アスファルト防水製〕木質ボード・フェノールフォーム板表張り

葺材	塗膜防水・シート防水・アスファルト防水製・木質ボード・フェノールフォーム板表張り
断熱材	無機断熱材裏張り
耐火被覆	強化せっこうボード1枚張り

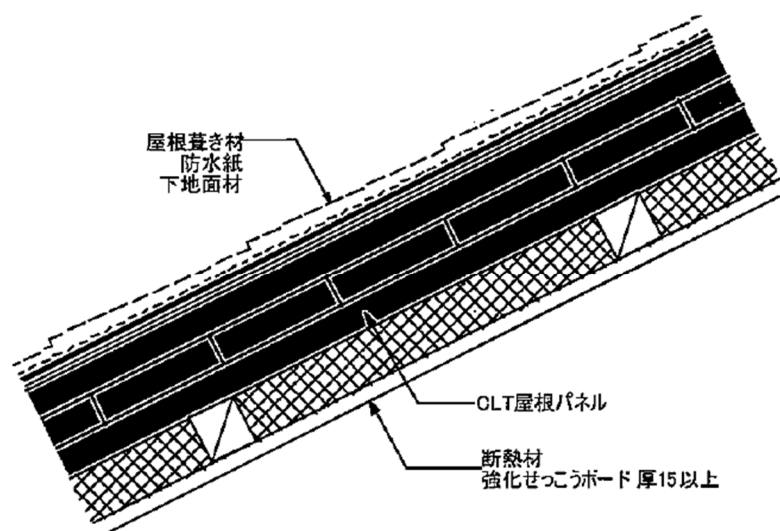


図 35 耐火構造における屋根の大臣認定仕様(FP0S30RF-1959(1))

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

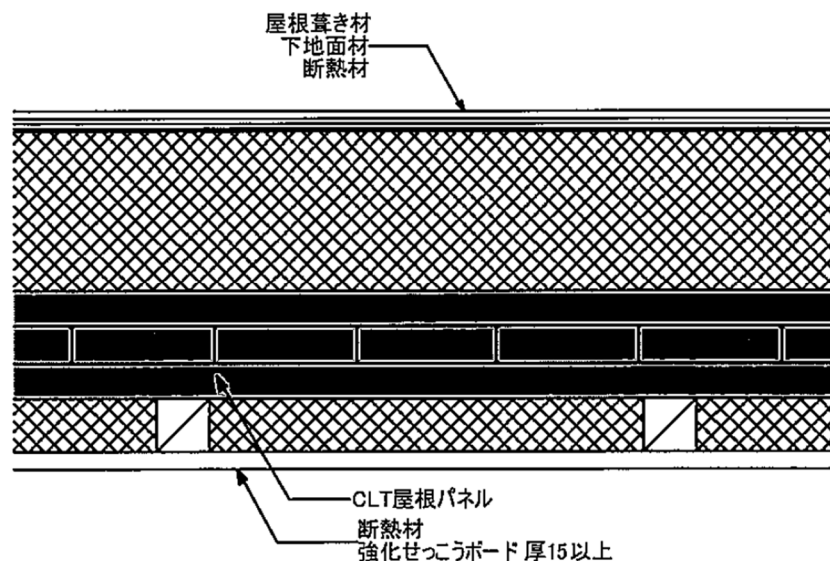


図 36 耐火構造における屋根の大臣認定仕様(FP0S30RF-1959(2)～(5))

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

⑤ 耐火構造 階段認定仕様

i)耐火構造階段認定仕様(FP030ST-0015・I)

耐火被覆	強化せっこうボード2枚張り（段板踏み面） 強化せっこうボード1枚張り（けこみ・裏張り）
------	--

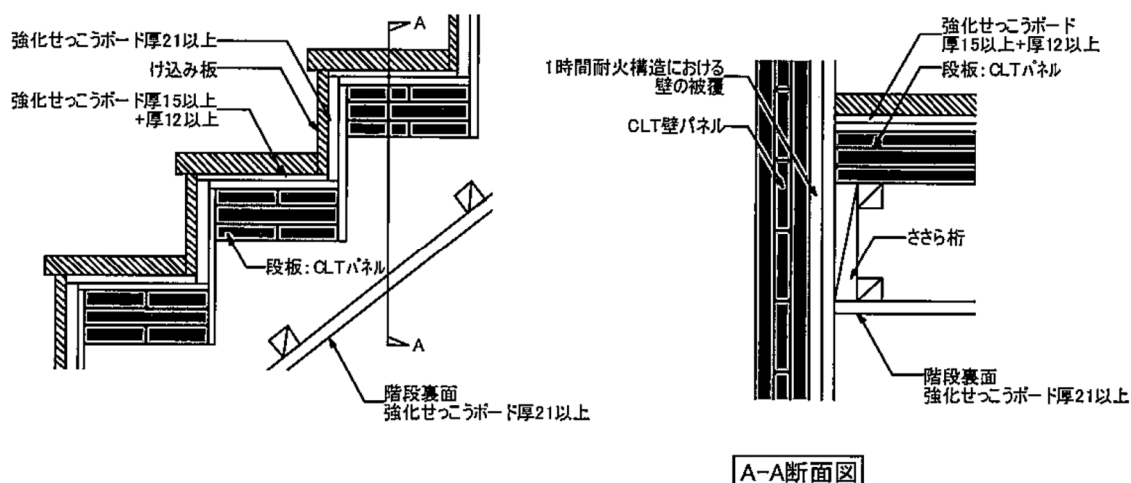


図 37 耐火構造における階段の大臣認定仕様(FP030ST-0015-1)

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

表 34 CLT パネル工法別耐火性能（屋根・階段） ※一般社団法人日本 CLT 協会が認定取得

分類	木造構造で用いられる材の例					
建築材料の種類（用途）	直交集成板造屋根					両面強化せっこうボード張／強化せっこうボード張・木製階段
製品名	—					—
JIS 規格	—					—
大臣認定	FP030RF-1959(1)	FP030RF-1959(2)	FP030RF-1959(3)	FP030RF-1959(4)	FP030RF-1959(5)	FP030ST-0015-1
用途	屋根					階段
構成材料・構造方法の名称	強化せっこうボード・人造鉱物繊維断熱材裏張／直交集成板造屋根					両面強化せっこうボード張・直交集成板製段板／強化せっこうボード張・木製階段
	葺材[かわら製、スレート製、金属製又はアスファルトシングル製]表張	葺材[塗膜防水製、シート防水製又はアスファルト防水製]・木質系ボード・ポリスチレンフォーム板表張	葺材[塗膜防水製、シート防水製又はアスファルト防水製]・木質系ボード・ポリウレタンフォーム板表張	葺材[塗膜防水製、シート防水製又はアスファルト防水製]・木質系ボード・ポリエチレンフォーム板表張	葺材[塗膜防水製、シート防水製又はアスファルト防水製]・木質系ボード・フェノールフォーム板表張	
規格	—					—
耐火性能	30 分耐火	30 分耐火	30 分耐火	30 分耐火	30 分耐火	30 分耐火

（出所）CLT 大臣認定制度の運用規準（平成 29 年 8 月 9 日制定、一般社団法人日本 CLT 協会）
（[CLTdaijinninteiseidounyoukijyun.pdf](#)）、大臣認定の検索システム（<https://www.seinokyo.jp/ninteidb/pub/search/>）より
MURC 作成

⑥ 防火構造 外壁認定仕様

外壁の屋内側を現しとしたい場合、燃えしろ設計が考えられるが、その場合は告示仕様より外壁は 5 層 5 プライ以上、床は 5 層 7 プライ以上の断面を要する。低層建築物では、構造的に過剰な設計になることが想定されることから、日本 CLT 協会では、以下の仕様による防火構造の 2 認定を取得している。なお、何れの仕様についても、断熱材は無機系断熱材（GW 又は RW）外張り断熱としている。

i)防火構造外壁認定仕様（1）窯業系サイディング（PC030BE-3655）

外壁	窯業系サイディング
断熱材	無機系断熱材（GW 又は RW）外張り断熱
室内側	CLT パネル現し

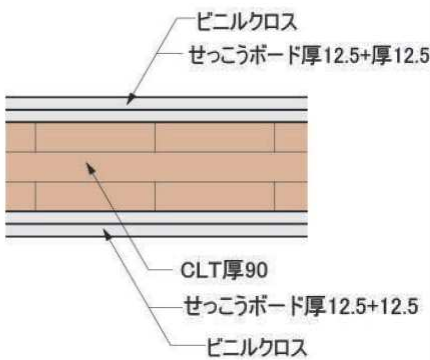
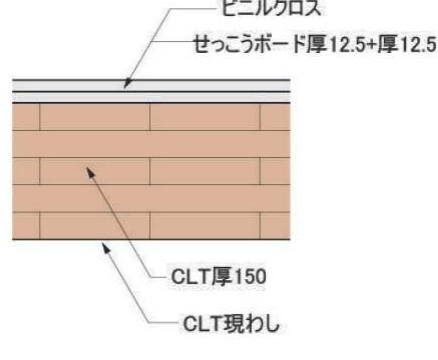
ii)防火構造外壁認定仕様（2）外装木材（PC030BE-3658）

外壁	外装木材
断熱材	無機系断熱材（GW 又は RW）外張り断熱
室内側	CLT パネル現し

4) 防耐火性能を有する部材の例とコストに関する情報

1 時間準耐火構造の部材の構成と単価を比較した例は以下の通り。間仕切り壁、外壁の例とも被覆タイプ（CLT 等の木材をせっこうボードでくるんで表面を燃えなくするもの）に比べて燃えしろ設計（CLT 等の木材を厚くし燃えるのに時間がかかるようにすることで退避の時間を確保するもの）の方が、CLT 材が厚い分コストが高くなっている。

表 35 1 時間準耐火構造の種類とコスト比較：間仕切り壁

	被覆タイプ	燃えしろ設計
断面図 間仕切り壁 1時間準耐火構造 単位mm		
使用材料	クロス張り ————— 2 m ² せっこうボード12.5mm ——— 4m ² CLT 90mm ————— 1m ²	クロス張り ————— 1m ² せっこうボード12.5mm ——— 2m ² CLT 150mm ————— 1m ²
重量 (m ² 当たり)	76kg/m ²	80kg/m ²
材工単価比 (m ² 当たり)	クロス ————— 1240×2 = 2480 せっこうボード — 2180×2 = 4360 CLT ————— 19840×1 = 19840 計 ————— 26680 (基準)	クロス ————— 1240×1 = 1240 せっこうボード — 2180×1 = 2180 CLT ————— 33070×1 = 33070 計 ————— 36490 (1.37倍)

(出所) (一社) 日本 CLT 協会「令和 5 年度 CLT 設計者等実務が分かる講習会 実務講座 説明資料」
https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/06/chishikiikuseishien_Kanmatu2.pdf より転載

表 36 1 時間準耐火構造の種類とコスト比較：外壁

	被覆タイプ	燃えしろ設計	(参考)防火構造
断面図 外壁 1時間準 耐火構造 単位mm			
使用材料	クロス張り 1m ² せっこうボード12.5mm 2m ² CLT 90mm 1m ² 透湿防水シート 1m ² 硬質木片セメント板18mm 1m ² グラスウール25mm 1m ² 防水シート 1m ² サイディング 1m ²	(クロス張り無) (せっこうボード無) CLT 150mm 1m ² (硬質木片セメント板無) (室内外同時に火災が起きない) 左欄(被覆タイプ)と異なる部分のみ記載	(クロス張り無) (せっこうボード無) CLT 90mm 1m ² (硬質木片セメント板無) 左欄(被覆タイプ)と異なる部分のみ記載
重量 (m ² 当たり)	104kg/m ²	84kg/m ²	60kg/m ²
材工単価 比 (m ² 当たり) CLT運賃含 まず*	クロス 1240×1= 1240 せっこうボード 2180×2= 4360 CLT 19840×1=19840 透湿防水シート 323 ×1= 323 硬質木片セメント板 5780 ×1= 5780 グラスウール 770 ×1= 770 防水シート 323 ×1= 323 サイディング 7500 ×1= 7500 胴縁 1640 ×1= 1640 計 41776 (基準)	CLT 33070×1= 33070 透湿防水シート 323 ×1= 323 グラスウール 770 ×1= 770 防水シート 323 ×1= 323 サイディング 7500 ×1= 7500 胴縁 1640 ×1= 1640 計 43626(104倍)	(防火構造が可であれば、なるべく防火構造とする) CLT 19840×1=19840 透湿防水シート 323 ×1= 323 グラスウール 770 ×1= 770 防水シート 323 ×1= 323 サイディング 7500 ×1= 7500 胴縁 1640 ×1= 1640 計 30396(0.73倍)

(出所) (一社) 日本 CLT 協会「令和 5 年度 CLT 設計者等実務が分かる講習会 実務講座 説明資料」

(https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/06/chishikiikuseishien_Kanmatu2.pdf) より転載

耐火部材の製品メニューを複数揃えている例もある。株式会社中東は、不燃材の厚みを変えて 2 時間耐火部材（不燃材 100mm）、90 分耐火部材（同 50mm）、1 時間耐火部材（同 30mm）を開発し大臣認定を取得している¹⁴。2 時間耐火部材と比較して 90 分、1 時間耐火部材は安価で提供可能とのことで、2 時間耐火を求められない階数（参考：上層 1～4 階は 1 時間耐火、5～9 階は 90 分耐火でよい）にこれらを用いることで CLT による施工の可能性が広がることが期待されている。

(4) 遮音に関する情報

1) 遮音等級について

建築物の遮音性能に関する基準として、建築基準法、日本建築学会遮音性能基準、日本住宅性能表示基準があり、日本建築学会による遮音性能基準と設計指針には法的拘束力はないが、法令等の根拠として取り扱われているなど重要な役割を果たしている。

¹⁴ (参考) (株) 中東「耐火 CLT 床」 (https://chuto.jp/file/pdf02_20240627.pdf)

表 37 日本建築学会の遮音等級の意味

適用等級	遮音性能の水準	性能水準の説明
特級	遮音性能上とくにすぐれている	特別に高い性能が要求された場合の性能水準
1 級	遮音性能上すぐれている	建築学会が推奨する好ましい性能水準
2 級	遮音性能上標準的である	一般的な性能水準
3 級	遮音性能上やや劣る	やむを得ない場合に許容される性能水準

(出所) 建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版] (<https://www.i-kankyo.com/securewp/wp-content/uploads/2021/12/tatemono-shitsunai.pdf>) より MURC 作成

表 38 日本建築学会の遮音等級・生活実感との例・適用等級の一覧及び適用等級の意味

騒音レベル		25dBA	30dBA	35dBA	40dBA	45dBA	50dBA	55dBA	60dBA
騒音等級		N-25	N-30	N-35	N-40	N-45	N-50	N-55	N-60
日本建築学会適応等級 (集合住宅：居室)		(1 級以上)		1 級	2 級	3 級	—	—	—
外部騒音	道路騒音などの不規則な音	通常では聞こえない	ほとんど聞こえない	非常に小さく聞こえる	小さく聞こえる	聞き取るには支障ない	多分大きく聞こえる	大きく聞こえ少しうるさい	かなり大きく聞こえややうるさい
	工場騒音などの定常的な音	ほとんど聞こえない	小さく聞こえる	聞き取るには支障なし	多分大きく聞こえる	大きく聞こえ少しうるさい	かなり大きく聞こえややうるさい	非常に大きく聞こえる	非常に大きく聞こえる
内部騒音	自室内の機器音	通常では聞こえない	小さく聞こえる	聞き取るには支障なし	多分大きく聞こえる	大きく聞こえ少しうるさい	かなり大きく聞こえややうるさい	非常に大きく聞こえる	多少大きく聞こえる通常の会話は十分に可能
	共同設備からの音	非常に小さく聞こえる	小さく聞こえる	聞き取るには支障なし	多分大きく聞こえる	大きく聞こえ少しうるさい	かなり大きく聞こえややうるさい	非常に大きく聞こえる	大きく聞こえ気になる

※対象：集合住宅（居室）。表記について：騒音レベルの JIS 表記は [dB] であるが、A 特性音圧レベルであることを示すため dBA、dB(A)等と記される場合がある。

(出所) 建築物の遮音性能基準と設計指針 [第二版]、<https://www.i-kankyo.com/securewp/wp-content/uploads/2021/12/shitsunaisouon.pdf> より MURC 作成

室間平均音圧レベル差に関する等級については D の後に続く数字が大きいほど基準が厳しく、床衝撃音、室内騒音については、L・N の後に続く数字が小さいほど基準が厳しい。集合住宅と事務所について、室間平均音圧レベル差を同じ等級内で比較すると集合住宅の方が大きい数値（特級の場合、集合住宅は D-55、事務所は D-50）であり、より基準が厳しいと言える。室内騒音についても同じ等級内で比較すると集合住宅の方が小さい数値あるいは同等の数値（1 級の場合、集合住宅は N-35、事務所のうちオープン事務室は N-40、事務所のうち会議・応接室は N-35）であり、やや基準が厳しいと言える。

表 39 建物・室用途別性能基準（集合住宅・事務所）

	対象	室用途	部位または 衝撃源	適用等級			
				特級	1 級	2 級	3 級
集合 住宅	室間平均音圧 レベル差	居室	隣戸間界壁 隣戸間界床	D-55	D-50	D-45	D-40
	床衝撃音		重量衝撃音	L-45	L-50	L-55	L-60 L-65 ^(※)
			軽量衝撃音	L-40	L-45	L-55	L-60
	室内騒音		—	—	N-35	N-40	N-45
事務所	室間平均音圧 レベル差	業務上プライバシーを要求される室	室間仕切壁 テナント間 界壁	D-50	D-45	D-40	D-35
	室内騒音	オープン事務室	—	—	N-40	N-45	N-50
		会議・応接室	—	—	N-35	N-40	N-45

(※) 木造、軽量鉄骨造またはこれに類する構造の集合住宅に適用する。

(※) 室間平均音圧レベル差は数字が大きいほど基準が厳しい。床衝撃音・室内騒音は数字が小さいほど基準が厳しい。

(出所) 日本建築学会による建物・室用途別性能基準（<https://www.i-kankyo.com/securewp/wp-content/uploads/2021/12/tatemono-shitsunai.pdf>）より MURC 作成

2) 遮音性能確保におけるコスト

実験住宅における実験結果より、仕様の性能とコストの関係を示す。

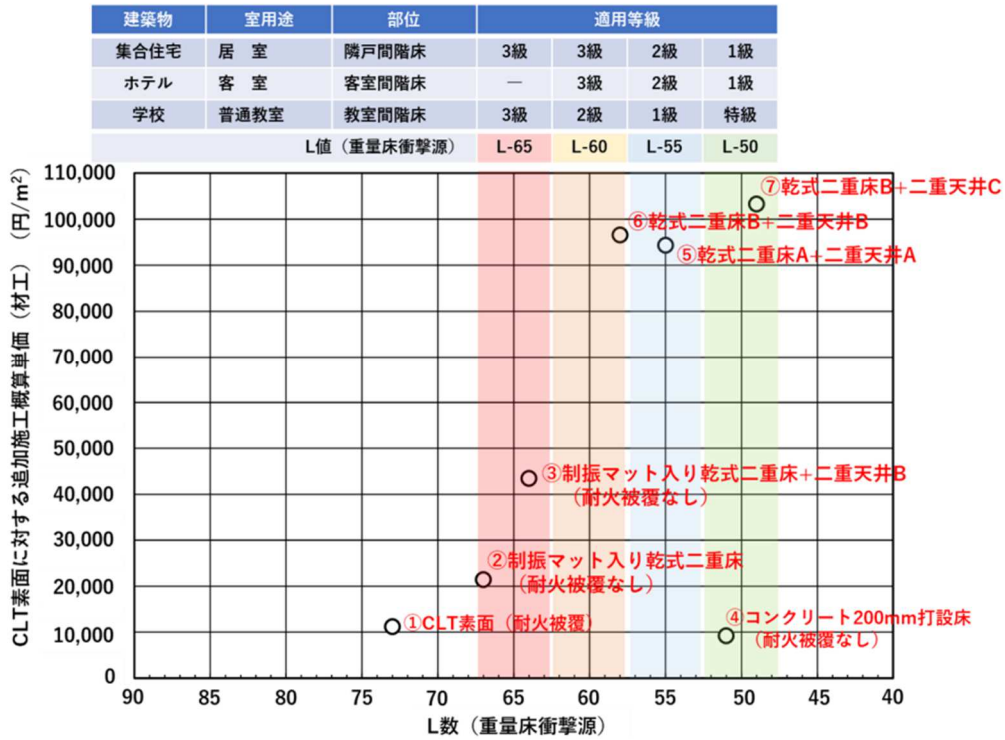


図 38 重量床衝撃源に対する床衝撃音遮断性能とコストの関係 (CLT 遮音実験棟の例)

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会資料 (https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/07/03_Chapter03_CLThukyumanyuaru.pdf) より転載

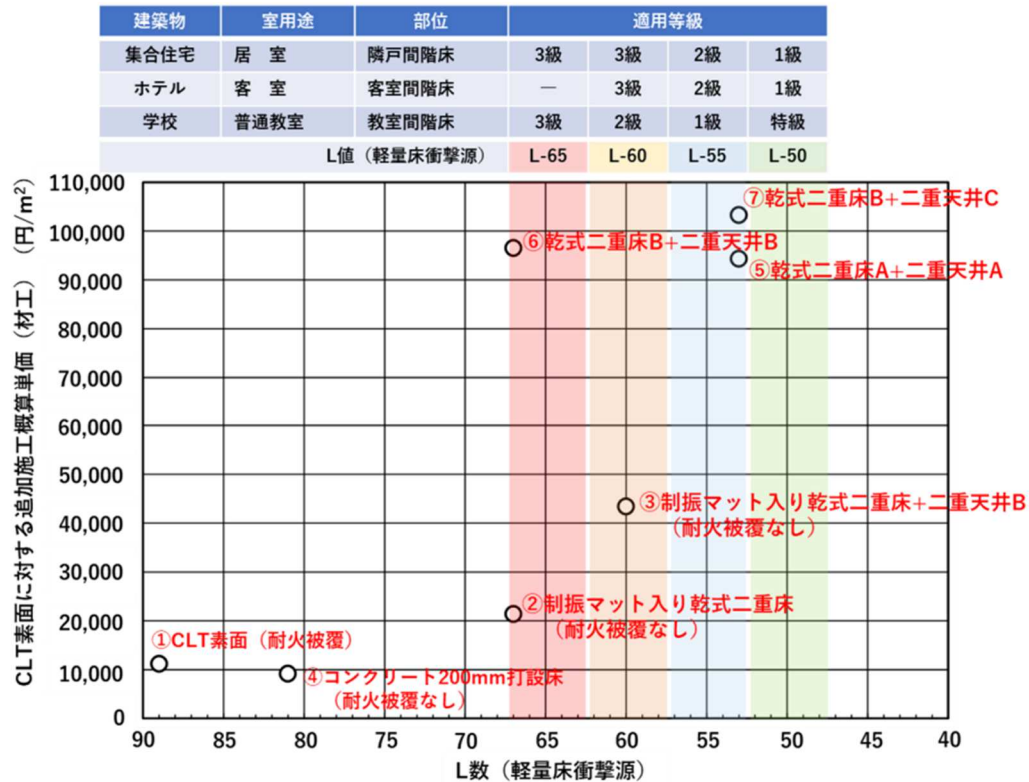


図 39 軽量床衝撃源に対する床衝撃音遮断性能とコストの関係 (CLT 遮音実験棟の例)

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会資料 (https://clta.jp/wp-content/uploads/2024/07/03_Chapter03_CLThukyumanyuaru.pdf) より転載

重量床衝撃源に対する床衝撃音遮断性能、軽量床衝撃源に対する床衝撃音遮断性能それぞれについて、集合住宅においていずれも 3 級となった「②制振マット入り乾式二重床 (耐火被覆なし)」と 1 級となった「⑦乾式二重床 B+二重天井 C」について、下記の表内にて比較を行った。

表 40 試験体ごとの遮音性能比較

	②制振マット入り乾式二重床 (耐火被覆なし) (試験体番号 R2A2-1) ※ともに 3 級	⑦乾式二重床 B+二重天井 C (試験体番号 R4A9) ※ともに 1 級
CLT への被覆	・ 床上側：なし ・ 天井側：なし	・ 床上側：床根太 t12mm + 強化せっこうボード t 21mm×2 ・ 天井側：野縁 t12 mm + 強化せっこうボード t 21 mm+t 25 mm
対策の概要	・ 床上側：乾式二重床 t130 mm ※アスファルト系制振マット入り ・ 天井側：独立根太せっこうボード天井 t490 mm ※空気層 t465 mm (GW24 kg/m ³ t50 mm 挿入)	・ 床上側：床根太 t12 mm + 繊維混入押出成形セメント板 t26 mm + 乾式二重床 t190 mm ※ダンパー付き、繊維混入押出成形セメント板入り ・ 天井側：独立根太せっこうボード二重天井 t432mm ※空気層 t407 mm (GW24kg/m ³ t50mm、粒状体挿入)
重量床	52	46

	②制振マット入り乾式二重床（耐火被覆なし）（試験体番号 R2A2-1）※ともに 3 級	⑦乾式二重床 B+二重天井 C（試験体番号 R4A9）※ともに 1 級
衝撃音		
軽 量 床 衝撃音	59	53
重量	64.8kg/m ²	247.2kg/m ²
コスト	22,004 円/m ²	91,139 円/m ²

（注）7 種の条件で試験を実施したうち、1～3 級にそれぞれ適用した範囲内の条件のうち、両極端の結果にある 2 事例を比較（②は重量床衝撃音・軽量床衝撃源ともに 3 級、⑦は重量床衝撃音・軽量床衝撃源ともに 1 級の範囲となった試験体）

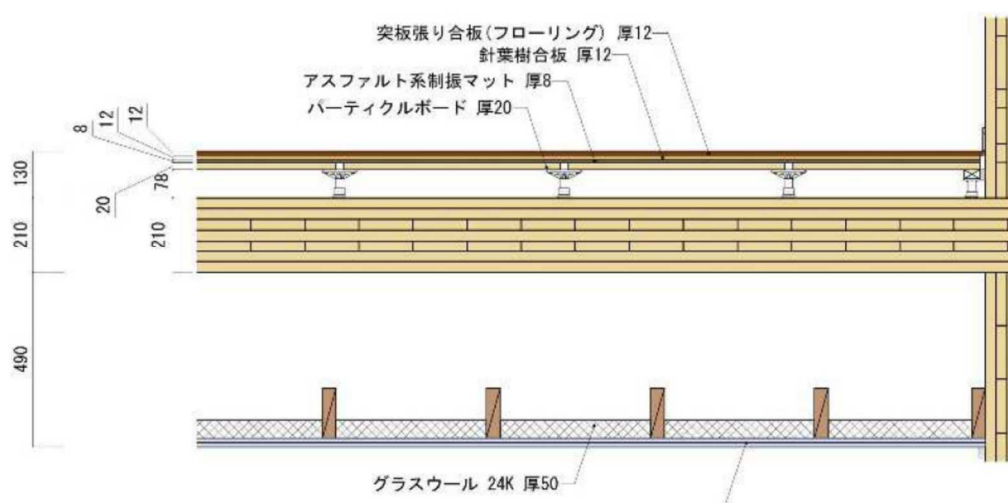


図 40 試験体 垂直断面図（②制振マット入り乾式二重床（耐火被覆なし））

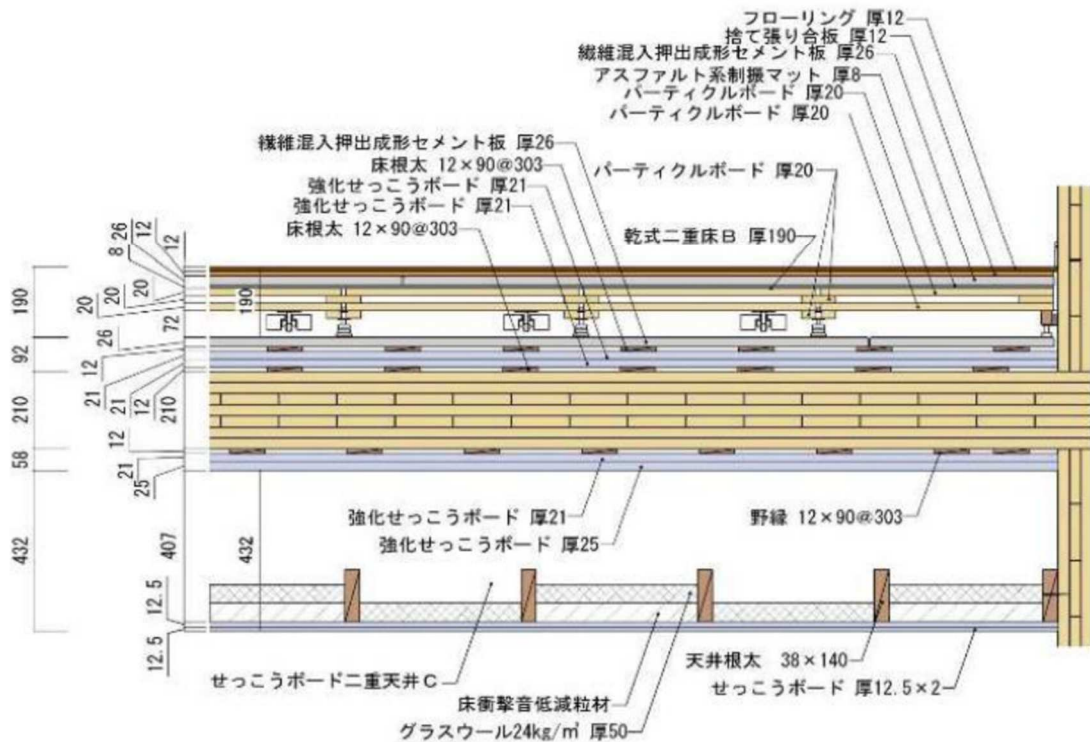


図 41 試験体 垂直断面図 (⑦乾式二重床 B+二重天井 C)

(5) 想定する用途・ターゲット

1) 施工件数について

日本国内における CLT の活用事例としては、1 階・2 階などの低層建築物が主な事例である。また CLT の使用用途としては、構造材としての利用（パネル工法・部分利用）と非構造材（内装材）としての利用があるが、件数としては構造材としての部分利用が件数としては最も多い。（表 41）高層建築物においても CLT の活用事例があるが、階数あたりの CLT 使用量の観点では低層建築物を必ずしも上回らない。（表 42）なお、1,500m³を超える CLT 使用量となっている事例は日本 CLT 協会 HP 上に 3 件が公表されており、うち 2 件は福島県による復興公営住宅（いずれも 3 階建、CLT 利用量はいずれも 2,000 m³程度）、1 件は三菱地所（株）による空港旅客ターミナルビル（1 階建、CLT 利用量は 1,500 m³程度）である。

表 41 階層ごとの CLT の使い方 (件数)

階数	事例件数 (総数)	CLT の使い方			
		パネル工法 (構造材)	部分利用 (構造材)	内装材 (非構造材)	不明
1 階	440	153	204	111	8
2 階	341	97	177	120	7
3 階	97	27	52	33	1
4 階	23	4	13	8	—
5 階	11	1	5	4	1
6 階	11	2	7	6	
7 階	3	—	1	1	1
8 階	1	—	1	—	—
10 階	3	1	2	—	—
12 階	2	1	1	—	—
14 階	1	—	1	—	—
19 階	1	—	1	—	—
21 階	1	—	—	1	—

(出所) 日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

表 42 階層ごとの CLT の使用量 (件数)

階数	事例件数 (総数)	CLT の使用量					
		10 m ³ 以下	10～ 150 m ³ 以下	150～ 500 m ³ 以下	500 m ³ ～ 1500 m ³ 以下	1500 m ³ ～	不明
1 階	440	176	239	17	1	1	6
2 階	341	94	202	35	3	—	7
3 階	97	22	49	16	4	2	4
4 階	23	7	11	1	3	—	1
5 階	11	4	3	2	—	—	2
6 階	11	3	6	2	—	—	—
7 階	3	2	1	—	—	—	—
8 階	1	—	1	—	—	—	—
10 階	3	1	1	1	—	—	—
12 階	2	—	2	—	—	—	—
14 階	1	1	—	—	—	—	—
19 階	1	—	—	1	—	—	—
21 階	1	—	1	—	—	—	—

(出所) 日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

2) 竣工件数の推移

CLT を活用した建築物の竣工件数について、令和 6 年度に累計で 1,300 件を超過する見込みである。

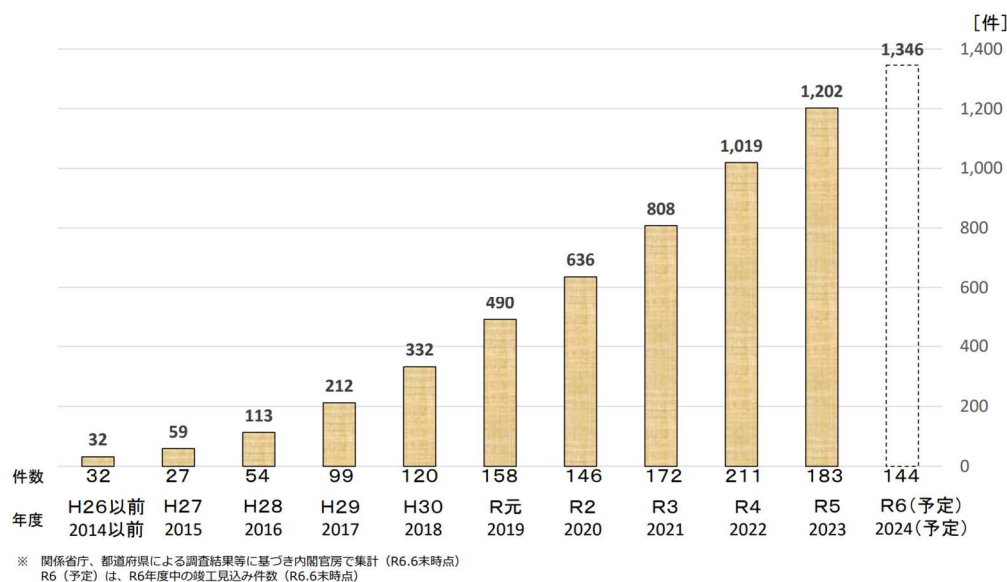


図 42 CLT を活用した建築物の竣工件数

（出所）CLT を活用した建築物等の竣工件数の推移

（https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_expl1.pdf）より転載

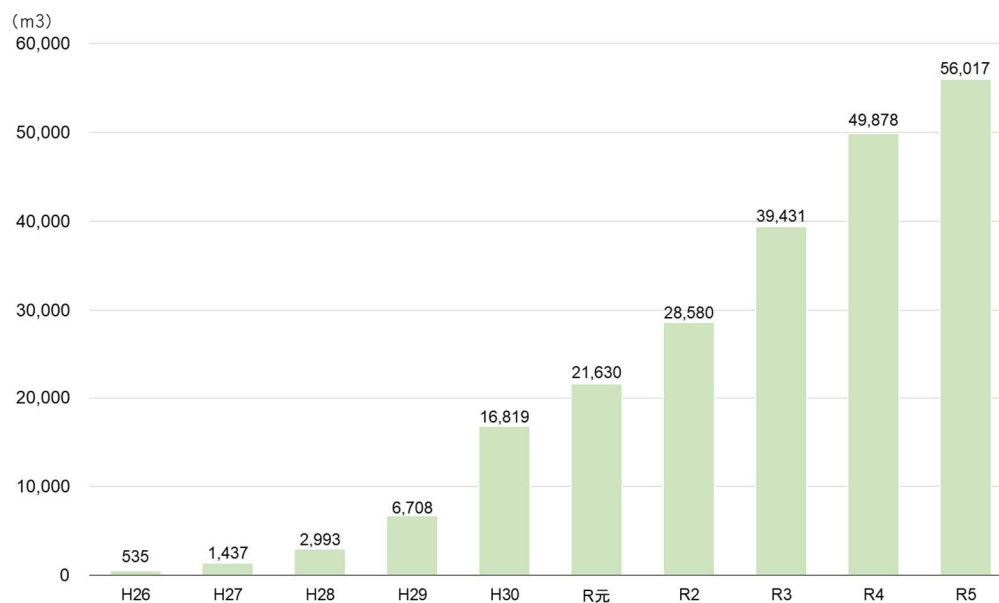


図 43 CLT 利用量（累計）※横軸は竣工年

（注）横軸は竣工年

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会 HP（<https://clt-network.jp/search/>）より MURC 作成

例えば、平成 27 年に竣工した集合住宅「CLT 勝山共同住宅」¹⁵や「湯川村 CLT 共同住宅」¹⁶については、大臣認定ルートでの設計が必要であった。一方で、同じく告示 611 号施行以前の 2014 年 9 月に竣工した「宮崎大学創立 330 記念交流会館」¹⁷等、在来軸組工法に CLT を利用して建築するケースにおいては別途大臣認定の取得を要さず施工可能であった。2013 年の JAS 化から 2016 年（平成 28 年）4 月の告示までの期間、すなわち 2015 年以前に 59 件の施工例があることが分かる。2016 年 3 月までに竣工している事例について、下表の通りである。低層階（1 階～3 階）において、パネル工法、構造材部分利用、内装材利用がなされている。なお、5 階建ての事例は（株）竹中工務店による社員寮「新倉竹友寮」（CLT 利用量 2.3 m³）、6 階建ての事例は（一社）日本ツーバイフォー建築協会による実験棟「HRT-Project6」（CLT 利用量 8.0 m³）で、ともに構造材の部分利用で CLT の利用量もわずかである。

表 43 階層ごとの CLT の使い方（件数）※平成 28 年 4 月まで

階数	事例件数 (総数)	CLT の使い方			
		構造材		内装材 (非構造材)	不明
		パネル工法	部分利用		
1 階	18	4	11	6	—
2 階	14	4	8	4	—
3 階	4	3	1	1	—
4 階	0	—	—	—	—
5 階	1	—	1	—	—
6 階	1	—	1	—	—

（出所）日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

※1, 2 階（いずれも内装材（非構造材）利用）と分類されているものが 2 件あったが表には加算していない。

2016 年以降の中層階（4,5 階）以上に対する構造材利用については、2018 年の高齢者福祉施設「はるのガーデン」（6 階建、3～6 階壁、パネル工法（構造材））、2019 年の西米良村の庁舎（4 階建、2～3 階耐力壁、部分利用（構造材））、同年のスパホテルあぶくま（4 階建、壁、外壁（帳壁）、部分利用（構造材））が続く。

- ¹⁵（参考）真庭木材事業協同組合 CLT 勝山共同住宅 | 利用例集（建築）（一般社団法人 日本 CLT 協会）
<https://clta.jp/case/detail/%e7%9c%9f%e5%ba%ad%e6%9c%a8%e6%9d%90%e4%ba%8b%e6%a5%ad%e5%8d%94%e5%90%8c%e7%b5%84%e5%90%88%e3%80%80clt%e5%8b%9d%e5%b1%b1%e5%85%b1%e5%90%8c%e4%bd%8f%e5%ae%85/>
- ¹⁶（参考）湯川村 CLT 共同住宅 | 利用例集（建築）（一般社団法人 日本 CLT 協会）
<https://clta.jp/case/detail/%e6%b9%af%e5%b7%9d%e6%9d%91clt%e5%85%b1%e5%90%8c%e4%bd%8f%e5%ae%85/>
- ¹⁷（参考）宮崎大学創立 330 記念交流会館 | 利用例集（建築）（一般社団法人 日本 CLT 協会）
<https://clta.jp/case/detail/%e5%ae%ae%e5%b4%8e%e5%a4%a7%e5%ad%a6%e5%89%b5%e7%ab%8b330%e8%a8%98%e5%bf%b5%e4%ba%a4%e6%b5%81%e4%bc%9a%e9%a4%a8/>

表 44 CLT を活用した建築物等の整備状況（都道府県別、年度別）

CLTを活用した建築物等の整備状況(都道府県別)																												
都道府県別	2014年度まで		2015年度		2016年度		2017年度		2018年度		2019年度		2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2023年度 までの 竣工件数計		2024年度 竣工見込み		2025年度以降 の整備を検討 (竣工年月未定 を含む)		合計	
	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国
01 北海道	2						4	2	5	1	10	3	16	5	4		10	1	6	2	57	14	4	1	2	1	63	16
02 青森県							2	1			1	1			1	1	1				5	3	2	2	1		8	5
03 岩手県			2		1		1		1		1		4	2	2		1				13	2					13	2
04 宮城県	1		1		1		2		6		5		8		4		6		4		38		2				40	
05 秋田県					2		5		3				2	1			1		1		14	1	1		3	3	18	4
06 山形県			1		1						1		1				2	1			6	1			1		7	1
07 福島県	3				1		7		7	2	4	1	3		7	3	2	2	2		36	8	1		1		38	8
08 茨城県			2		1		1		2		2		1		2		1		2		14		2		2		18	
09 栃木県					1				1		3	2			1		5				11	2	1				12	2
10 群馬県	1		1		1		4		1		3	1	2								13	1	6				19	1
11 埼玉県	1		1		2		1		2		5		5				6		4	1	27	1	4		2		33	1
12 千葉県							2		※ 1						7		5		13		28		5	1	2		35	1
13 東京都	※ 2				5	2			4		※ 17	2	※ 10		18	1	15		11	1	82	6	13		15	2	110	8
14 神奈川県	1		1				1		3		4		1		3		3		5		22		3		4	1	29	1
15 新潟県			1		1		4		3		1		3	2	2		1		1		17	2	1		2	2	20	4
16 富山県									3	1	1		1				5	1	2		12	2	3				15	2
17 石川県					2		9		5		8		3		4		10	1	3		44	1					44	1
18 福井県							1		1		2		1		1						6		1				7	
19 山梨県					2		1		1		2				1		2		1		10						10	
20 長野県	1						2				1		1		1		5	2	3		13	2	3	1	1	1	17	4
21 岐阜県	1								4		4		3		2		5	1	1		20	1	6		3	1	29	2
22 静岡県					2		5		2		3		2		1		3		8		26						26	
23 愛知県			2		※ 1		2		4		※ 7		6		5		3		5		35		4		3	1	42	1
24 三重県	1		1				1		3		4		2		1		1		5		19		2		1		22	
25 滋賀県					4		1				4		1		1		※ 9		※ 2		22		1		2		25	
26 京都府	1						5	1	1		3		2		4		2		3		21	1	3		1	1	25	2
27 大阪府			1		1				1		2		1		2		12		3		23		8		11	1	42	1
28 兵庫県	1		1		1		1		5	2			2		9		3		3		26	2	4		1		31	2
29 奈良県					1								1		2		1		1		6		1				7	
30 和歌山県											1				1		1		1		3		1				4	

都道府県別	2014年度まで		2015年度		2016年度		2017年度		2018年度		2019年度		2020年度		2021年度		2022年度		2023年度		2023年度までの竣工件数計		2024年度竣工見込み		2025年度以降の整備を検討(竣工年月未定を含む)		合計	
	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国	計	うち国
31 鳥取県	5		1				2		6	1	3		6		6		20		14		63	1	7		1		71	1
32 島根県					1								2		3		2		1		9		1	1	2		12	1
33 岡山県	4		4		6		15	1	15	1	16	1	10		10		10		12		102	3	8		6	2	116	5
34 広島県	1						2		2		4		3		3	1	6	3	4		25	4	2				27	4
35 山口県											3		3	1	5		2		3		16	1			1		17	1
36 徳島県					1										1		1				3		1	1			4	1
37 香川県	1				1		1		3	1	3		2		7	1			4	1	22	3	3		5		30	3
38 愛媛県	1				1		1		4		6		5		12		12	1	9	1	50	2	6		4		60	2
39 高知県	1		2		5		4		7	1	10	1	7		10	1	8		4		58	3	6		1		65	3
40 福岡県					3				1		4		9		7		8		4		36		5		4	1	45	1
41 佐賀県	1								1		1		1	1	1				1		6	1	1				7	1
42 長崎県			1		1		1	1					1		3		3				10	1					10	1
43 熊本県	1				3		2		4		2		3	1	1		3	1	6		25	2	4		1	1	30	3
44 大分県	1		※ 2		1				1				2		2		4	1	2		15	1	1		3	3	19	4
45 宮崎県	1		2						2	1			3		2		4		7		21	1	5		1	1	27	2
46 鹿児島県							8	1	3		6		7		9	1	7	1	22		62	3	11		1	1	74	4
47 沖縄県							1		2		1				5	1	1				10	1	1		1		12	1
未確定																												
合計	32		27		54	2	99	7	120	11	158	12	146	13	172	10	211	16	183	6	1,202	77	144	7	89	23	1,435	107

注：関係省庁及び都道府県への聞き取り情報。数値は棟数ではなく、案件数。
表中※印は、解体済みを含む。内装等(非構造材)での活用も1件として計上。

(出所) 内閣官房「CLT を活用した建築物等の整備状況（都道府県別）」
(https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_exp13.pdf)

上表における竣工・竣工見込みの CLT 建築物の合計数の都道府県別ランキングは下表の通り。環境配慮の観点から木造・木質化の必要性が増す中で、大都市を有する都道府県と、国内の主要 CLT 製造メーカーを有する都道府県が上位に位置していると考えられる。

表 45 都道府県別の CLT を活用した建築物の件数（2025 年度まで累計）

順位	都道府県	件数	特徴
1	岡山県	116	CLT 製造メーカーである銘建工業株式会社（2023 年 CLT 国内シェア全国 1 位、日本 CLT 協会設立の基盤となった 3 社のうちの 1 社）を有する
2	東京都	110	大都市圏（都道府県 総人口ランキング 1 位）
3	鹿児島県	74	CLT 製造メーカーである山佐木材株式会社（日本 CLT 協会設立の基盤となった 3 社のうちの 1 社）を有する
4	鳥取県	71	CLT 製造メーカーである株式会社鳥取 CLT（日本 CLT 協会設立の基盤となった 3 社のうちの 1 社）
5	高知県	65	全国に先駆けて 2013 年に「CLT 建築推進協議会」を設立し、CLT 利用を積極的に普及
6	北海道	63	人口第 4 位の都市札幌市を有する 北海道産材の利用に向けて CLT に積極的に取り組んでいる
7	愛媛県	60	CLT 製造メーカーである株式会社サイプレス・スナダヤを有する
8	福岡県	45	人口第 5 位の大都市福岡市を有する
9	石川県	44	CLT 製造メーカーである株式会社中東を有する
10	愛知県	42	人口第 3 位の都市名古屋市を有する
10	大阪府	42	人口第 2 位の都市大阪市を有する
12	宮城県	40	CLT 製造メーカーであるセイホク株式会社を有する

（出所）内閣官房「CLT を活用した建築物等の整備状況（都道府県別）」

（https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_expl3.pdf）より MURC 作成

CLT を活用した建築物等の整備状況を用途別にみると下表の通り。事務所や住宅は件数が堅調に推移している。地方公共団体関連施設は、実績件数は多いが 2022 年度以降は件数が減少傾向にある。保育施設（こども園、保育園）については、全体件数が減っている中でも CLT での整備実績・予定が一定程度あることが伺える。介護・医療施設等は近年需要が増していると思われるが、CLT による建築物の整備数は多くない。

表 46 CLT を活用した建築物等の整備状況（用途別）

CLTを活用した建築物等の整備状況(用途別)															
用途別	2014年度 まで	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2023年度 までの 竣工件数計	2024年度 竣工見込み	2025年度以降 の整備を預計 (竣工年月未定 を含む)	総合計	
地方公共団体庁舎	1	0	0	1	3	3	6	5	8	2	29	3	3	35	
地方公共団体関連施設	0	2	5	26	21	22	19	22	26	12	155	6	5	166	
うち警察関連施設	0	1	0	0	1	1	2	4	3	0	12	1	0	13	
学校(幼、小、中、高、専修、専門、短大、大学)	3	1	3	3	9	11	7	11	10	5	63	3	1	67	
こども園、保育園	1	0	2	6	6	6	12	10	16	23	82	7	6	95	
介護施設	1	2	1	3	5	1	4	0	4	2	23	0	0	23	
医療施設	0	1	2	0	0	1	8	5	3	1	21	4	1	26	
社会福祉施設	0	0	3	2	0	0	2	10	6	7	30	5	3	38	
事務所	5	8	10	17	23	45	25	34	31	19	217	28	20	265	
住宅(共同住宅、公営住宅、社員寮等含む)	9	4	7	9	12	9	11	15	25	56	157	39	6	202	
うち公営住宅等公共賃貸住宅	2	1	0	1	1	1	0	0	3	1	10	2	2	14	
店舗・倉庫等	4	1	8	15	20	※ 35	※ 27	21	33	14	178	16	4	198	
宿泊施設	0	2	2	3	2	1	3	7	3	14	37	10	0	47	
実験棟	※ 3	2	0	5	2	2	1	1	2	0	18	1	1	20	
その他 (バス停等)	5	※ 4	※ 9	2	※ 6	※ 10	8	20	※ 20	※ 16	100	12	15	127	
国の庁舎等	0	0	2	7	11	12	13	10	16	6	77	7	23	107	
郵便局	0	0	0	0	0	0	0	1	8	6	15	3	0	18	
合計	32	27	54	99	120	158	146	172	211	183	1,202	144	89	1,435	

注：各案件及び都道府県への開き取り情報。数値は棟数ではなく、案件数。
表中※印は、解体済みを含む。内装等(非構造材)での活用も1件として計上。

(出所) 内閣官房「CLT を活用した建築物等の整備状況（用途別）」

(https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/cltmadoguchi/pdf/clt_exp13.pdf)

1.1.2 コストに関する情報

(1) CLT 製造コスト

CLT 製造に係るコストを下表に整理した。ただし、木材の調達（原材料調達段階）コストについては、歩留まりの影響が大きいことに留意が必要である。例えば、過去の検討¹⁸において、ねじれの有無によって1本の丸太から取得可能なラミナ数が異なることが示され、コスト削減を根本的に図ることが難しいと考察された。なお、原木～ラミナ製造における歩留まりは40～20%の差が生じうることや、乾燥ラミナ費は50,000円～65,000円程度であるとの試算結果¹⁹も存在する。なお、一般的なCLTの製造コストは100,000円～150,000円/m³とされている。

¹⁸ 令和4年度 建築基準整備促進事業のうち「CLT等を利用した住宅における評価方法基準化に関する検討」(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001608624.pdf>)

¹⁹ 道産トドマツ CLT の製造と性能評価その5 供給コストの試算 (<https://www.hro.or.jp/upload/8409/1605-9.pdf>)

表 47 CLT 製造までのコストイメージ

	サプライ チェーン段階	コスト要因	参考コスト (/m ³)
	上流	原材料調達	木材の調達（国産材、針葉樹） 10,000 円～30,000 円 （50,000～65,000 円といった情報もあることに留意）
		輸送費（伐採地～製材所）	2,000 円～5,000 円 ²⁰
	下流	製造・加工	加工費（製材等） 2,000 円 ²¹
		輸送費（製材所～製材工場）	1,000 円～3,000 円 ²²
	品質管理と検査 流通と販売	品質管理	1,000～ 3,000 円
		流通費用	数千円
		販売管理費	数千円
その他	その他のコスト	設備投資	初期投資（長期的に分散）
		労働力	地域や企業によって変動

CLT 製造後、使用用途に応じて二次性能付与の工程を踏む。耐火や防音におけるコストイメージを下記に示す。

表 48 CLT パネルに対する二次性能付与に係るコストイメージ

種別	使用材料や仕様等	参考コスト (/m ²)
耐火性能付与	2 時間耐火（間仕切壁） せ っ こ う ボ ー ド 21mm,15mm／等	被覆タイプ： 約 10,000 円 （推計値 ²³ ）
	1 時間準耐火（間仕切壁） クロス張り・せっこうボード 12.5mm／等	被覆タイプ： 6,840 円 燃えしろ設計： 3,420 円 （表 35 において CLT 費用を除いたコスト）
	1 時間準耐火（外壁） クロス張り・せっこうボード 12.5mm・サイディング・銅縁／等	被覆タイプ： 21,336 円 燃えしろ設計： 10,566 円 11,000 円～22,000 円 （表 36 において CLT 費用を除いたコスト）
防音性能付与	※図 38・図 39 参照	10,000 円～100,000 円
CLT 材価格	CLT 材	被覆タイプ（厚さ 90mm）： 19,840 円 燃えしろ設計（厚さ 150mm）： 33,070 円 （表 35、表 36 より）

²⁰ https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/keiei/result/files/keiei_2020_result-k041-t01.pdf

²¹ [100000000462-4-1708939876.pdf](https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/keiei/result/files/keiei_2020_result-k041-t01.pdf) KFC 堺百舌鳥店の事例について、4 万円/24 m³の数値を参考とした。

²² https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/keiei/result/files/keiei_2020_result-k041-t01.pdf

²³ （推計方法）CLT 協会が大臣認定を取得した 2 時間耐火の間仕切壁では、3 枚のせっこうボード（21mm＋21mm＋15mm＝57mm）で両面を被覆することから（<https://clta.jp/wp-content/uploads/2018/11/7c5a4870ea0e345f03d3195092b9df71.pdf>）、厚さ 57mm×2＝114mm 分のせっこうボードが必要。表 35 より、厚さ 12.5mm×4 枚＝50mm 分のせっこうボード価格は 4,360 円なので、厚さで按分し、2 時間耐火で必要なせっこうボードの価格は、4,360 円×（114/50）＝9,941 円≒約 10,000 円と推計される。

(2) CLT 輸送～施工等に関するコスト

CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告によれば、CLT を用いた木造 1m²あたりの単価平均値は 67.2 千円/m²との結果が示されている。

表 49 躯体工事費（CLT 関連工事費）の内訳

費目	単価（床面積あたり）
CLT を含む木材料費	35.5 千円/m ²
加工費	12.6 千円/m ²
輸送費	3.3 千円/m ²
建て方費	6.6 千円/m ²
接合金物費	9.2 千円/m ²
計	67.2 千円/m ²

（出所）CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告（https://cltjishou.org/cgi-data/402_sidebanner/doc/100000000495-4-1716526981.pdf）（（公財）日本住宅・木材技術センター）

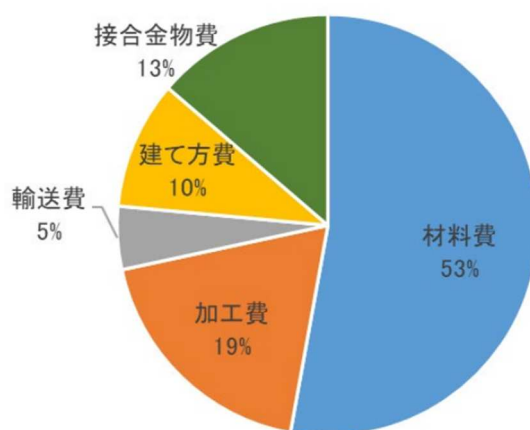


図 44 躯体工事費（CLT 関連工事費）の構成比

（出所）CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告（https://cltjishou.org/cgi-data/402_sidebanner/doc/100000000495-4-1716526981.pdf）（（公財）日本住宅・木材技術センター）

表 50 原木輸送コスト（円/m³）

トラックサイズ	輸送距離			
	25km	50km	75km	100km
4t	2,049	3,666	5,284	6,901
10t	1,343	2,406	3,468	4,530
フルトレーラー	1,232	2,193	3,153	4,114

（出所）「国産材 CLT の製造コストを 1/2 にするための技術開発」より MURC 作成

表 51 ラミナ輸送コスト（円/m³）

トラックサイズ	輸送距離			
	25km	50km	75km	100km
8t	1,024	1,833	2,642	3,450
13t	698	1,249	1,801	2,352
セミトレーラー	753	1,340	1,927	2,514

(出所)「国産材 CLT の製造コストを 1/2 にするための技術開発²⁴」より MURC 作成

1.1.3 CLT 製造に係る主要プレイヤー

CLT は、大判のマザーボード製造と所定サイズへの切断、接合金物や設備配管用の孔開け等の加工プロセスを経て製作される。国内に CLT 製造工場は 10 社、CLT 加工工場は 18 社存在する。そのうち、製造工場と加工工場を共に有するのは協同組合オホーツクウッドピア（北海道北見市）、株式会社中東（石川県能美市）、銘建工業株式会社（岡山県真庭市）、株式会社サイプレス・スナダヤ（愛媛県西条市）、山佐木材株式会社（鹿児島県肝属郡）、ティンバラム株式会社（秋田県五城目町）の 6 社である。

(1) 協同組合オホーツクウッドピア^{25,26}（北海道北見市）

1) CLT に関する事項

- ・ 北海道産のカラマツ材を使用。
- ・ 公民館・集会所（芽登集落センター）等の施工実績が中心。

2) 最新動向・製品開発など

- ・ 全道各地の学校や公共施設などの大規模建築物の柱や梁となる大断面集成材を製造。住宅用小中断面集成材以外にも、非住宅物件の特殊サイズ、大断面集成材などにも対応。関連会社にて加工（住宅プレカット、中断面・大断面集成材など）を実施。

3) その他

- ・ 道内で唯一日本農林規格(JAS)認定を取得。

(2) (株) 中東²⁷（石川県能美市）

1) CLT に関する事項

- ・ 杉・桧・唐松・能登ヒバを使用。

2) 最新動向・製品開発など

- ・ 国内のみならず、中国（法華学問寺（上海））・台湾（台東駅）・韓国（レイクヒルズゴルフクラブ）・シンガポール（ケーブルカー駅レストラン）に施工実績を持つ。国内においては、大学施設・公共施設・体育館・病院などの施工実績がある。

²⁴ https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/h27kakushin/keiei/result/files/keiei_2020_result-k041-t01.pdf

²⁵ 参考：協同組合オホーツクウッドピア（<https://okhotsk-woodpia.or.jp/>）

²⁶ 参考：木のまち留辺蘂～大断面集成材を製造 北見市留辺蘂町だより（<https://www.rubeshibe.info/okhotskwoodpia/>）

²⁷ 参考：大断面集成材建築の中東（<https://chuto.jp/>）

3) その他

- ・ 2016 年に CLT の JAS 認証を取得（杉・桧・唐松・能登ヒバ CLT の JAS 認定を取得）。
- ・ 園児・保護者（同社が新園舎を建設しているこども園）を対象とした工場見学を実施。

(3) 銘建工業株式会社²⁸（岡山県真庭市）

1) CLT に関する事項

- ・ CLT の国内シェアは 56.0%と全国 1 位（2023 年 CLT 協会）。
- ・ CLT について、ISO9001 および森林認証（PEFC/FSC）を取得。

2) 最新動向・製品開発など

- ・ 施工実績について、岡山県を中心に全国へ幅広く、実施規模も様々である。施工例についても様々であるが、事務所や庁舎（西栗倉村等）の施工実績が目立つ。

3) その他

- ・ 国内で初めて CLT の JAS 認定を取得。2016 年 3 月に CLT 新工場が完成。
- ・ CLT のほか、構造用集成材の国内シェアは全国第 2 位（2023 年木材統計）、木質ペレットの国内シェアは全国第 1 位（2022 年徳用林産物生産統計調査結果）。
- ・ 学術・研究機関、民間企業との共同研究・開発（CLT の性能の研究・実証事業など含む）実績をもつ（例：2015 年 E-ディフェンス（兵庫県三木市）で実施されたスギ CLT による 5 階建ての振動台実験など）。
- ・ 設計事務所や民間企業と連携して地域産材のコーディネートを実施した実績あり。

(4) サイプレス・スナダヤ²⁹³⁰（愛媛県西条市）

1) CLT に関する事項

- ・ 施行実績について、桧 CLT、杉 CLT を活用した例をそれぞれ持つ。

2) その他

- ・ 本社工場と東予インダストリアルパーク工場両者について JAS 認証を取得している（東予インダストリアルパーク工場については 2018 年に認証取得）。
- ・ 森林認証について、ヒノキ・スギについて FSC/CoC 認証と SGEC/CoC 認証、アラスカイエローシダーについて PEFC/CoC 認証を取得している。
- ・ CLT の屋外利用における技術確立を目的として三菱地所株式会社と株式会社大林

²⁸ 参考：銘建工業株式会社（<https://www.meikenkogyo.com/>）

²⁹ 参考：CLT 建築物の設計ガイドブック（https://clta.jp/wp-content/themes/clt/pdf/about/nyukai/pdf_guidebook.pdf）

³⁰ 参考：株式会社サイプレス・スナダヤ（<https://www.sunadaya.co.jp/>）

組が実施した長さ 3m の CLT 屋外暴露試験へ協力。

(5) 山佐木材株式会社³¹（鹿児島県肝属郡）

1) CLT に関する事項

- ・ 施工実績は学校校舎、保育園、幼稚園、体育館、武道館、プール施設、商業施設、店舗、浴場、老人ホーム、病院、木橋など（構造、規模はさまざま）。

2) 最新動向・製品開発など

- ・ 床利用に関し、平成 28 年 5 月に 2 時間耐火の国土交通大臣認定を取得している。林野庁委託事業の実施状況を HP 上に公開。

3) その他

- ・ 平成 26 年に CLT の JAS 認定を取得している（銘建工業に続き、国内で二番目の認定工場）。
- ・ 平成 3 年（1991 年）には、スギ構造用集成材で全国初の JAS 認定を受け、大型木造建築にも取り組む。
- ・ 加工・現地建て方まで施工した公共施設や民間施設は 1800 件を超える。
- ・ CLT 工法だけでなく、RC 造や S 造の床や壁としての利用も提案している。

(6) ティンバラム（株）³²（秋田県五城目町）

1) CLT に関する事項

- ・ 50cm 角プレス治具を 68 個配した CLT プレス機によるカスタムサイズの製造が可能。

2) その他

- ・ 2021 年 4 月に大館花岡工場（秋田県）が CLT の JAS 認証を取得し生産を開始。

(7) 上記を含む国内主要 CLT 製造・加工工場の概要

上記の情報のほか、製造・加工工場や生産能力、取扱製品等に関する情報を以下に整理した。

表 52 国内の CLT 製造工場

製造工場	所在地	取扱い樹種	CLT 生産能力
協 同 組 合 オ ホーツク ウッ ドピア	北海道北見市	カラマツ	・ 年間生産能力は 2,500 m ³

³¹ 参考：山佐木材ホームページ（<https://woodist.jimdoweb.com/>）

³² 参考：ティンバラム株式会社（<https://timberam.co.jp/>）

製造工場	所在地	取扱い樹種	CLT 生産能力
ティンバラム株式会社	秋田県五城目町	スギ・カラマツ	・ 年間生産能力は 2,500 m ³
セイホク株式会社/西北プライウッド株式会社	宮城県石巻市	スギ	・ 年間生産能力 4000 m ³
株式会社中東	石川県能美市	スギ、ヒノキ、カラマツ、ヒバ	・ 年間生産能力は 3,000 m ³ ・ 月間生産能力は 300 m ³
株式会社鳥取 CLT (旧レングス)	鳥取県西伯郡	スギ	・ 年間生産能力 5000 m ³
銘建工業株式会社	岡山県真庭市	スギ、ヒノキ、トドマツ、カラマツ、ヒノキ&スギ、(オウシュウアカマツ)	・ 年間生産能力は 30,000 m ³ ・ 月間生産能力は 300 m ³ ・ CLT 加工機械 (フンデガー社製 CAD /CAM 連動プレカットマシン) の月産能力は 500 m ³ ~600 m ³
株式会社サイプレス・スナダヤ	愛媛県西条市	スギ、ヒノキ	—
ウッドエナジー協同組合	宮崎県日南市	スギ	・ 年間生産能力は 10,000 m ³ 。
山佐木材株式会社	鹿児島県肝属郡	スギ、ヒノキ&スギ	・ 年間生産能力は 6,000 m ³
MEC-Industry 株式会社	鹿児島県始良郡	スギ	—

(参考) CLT 建築物の設計ガイドブック³³ (愛媛県 CLT 普及協議会)・日本 CLT 協会 HP、CLT (Cross Laminated Timber) がわかる専門メディア³⁴ (年間製造能力)、各企業の HP (月間生産能力) より MURC 作成

表 53 各社が製造している CLT 構成 (異等級構成) ※スギ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東			●			●			●			●			●			●
銘建		○	●		○	●		○	●		○	●		○	●		○	●
サイプレス・スナダヤ			●			●			●			●			●			●
山佐木材			●			●			●			●			●			●

※「○」について、強度区分は要相談としたうえでの売り出しである。

³³参考: CLT 建築物の設計ガイドブック (https://clta.jp/wp-content/themes/clt/pdf/about/nyukai/pdf_guidebook.pdf)

³⁴ 参考: CLT (Cross Laminated Timber) がわかる専門メディア (<https://clt-wood.net/clt/clt-%E5%B7%A5%E5%A0%B4/><https://clt-wood.net/company/>)

表 54 各社が製造している CLT 構成（同一等級構成）※スギ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東			●			●			●			●			●			●
銘建		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○		●	○
サイプレス・スナダヤ			●			●			●			●			●			●
山佐木材			●			●			●			●			●			●

表 55 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）※ヒノキ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東	●			●			●			●			●			●		
銘建		●			●			●			●			●			●	
サイプレス・スナダヤ	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
山佐木材	●			●			●			●			●			●		

表 56 各社が製造している CLT 構成（同一等級構成）※ヒノキ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東	●			●			●			●			●			●		
銘建		●			●			●			●			●			●	
サイプレス・スナダヤ	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
山佐木材		●			●			●			●			●			●	

表 57 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）※カラマツ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東	●			●			●			●			●			●		
銘建		●			●			●			●			●			●	

表 58 各社が製造している CLT 構成（同一級構成）※カラマツ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
銘建		●			●			●			●			●			●	

表 59 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）※トドマツ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
銘建		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●
サイプレス・スナダヤ		●			●			●			●			●			●	

表 60 各社が製造している CLT 構成（同一等級構成）※トドマツ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
銘建		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●

表 61 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）※ヒバ

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
中東	●			●			●			●			●			●		

表 62 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）※スギヒノキハイブリッド

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
銘建 (※1)	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
サイプレス・スナダヤ	●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●	
山佐 木材		●			●			●			●			●			●	

※1：外層ヒノキ・内層スギ

表 63 各社が製造している CLT 構成（異等級構成）

※オウシュウアカマツスギハイブリッド

CLT 構成	3 層 3 プライ			3 層 4 プライ			5 層 5 プライ			5 層 7 プライ			7 層 7 プライ			9 層 9 プライ		
	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60	120	90	60
銘建 (※2)		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●		●	●

※2：外層オウシュウアカマツ・内層スギ（ハイブリッド）

表 64 国内の CLT 加工工場

製造工場	所在地	加工機械（メーカー）	使用 CAD
協同組合オホーツクウッドピア	北海道北見市	K2i（フンデガー）	hsbcad
秋田グルーラム株式会社	秋田県大館市	Ultra（ユニチーム）	CAD WORK
株式会社オノツカ	福島県郡山市	K2i・PBA（フンデガー）	hsbcad
藤寿産業株式会社	福島県郡山市	Ultra・Extra（ユニチーム）	CAD WORK
株式会社ダイテック	福島県いわき市	K2i・PBA（フンデガー）	hsbcad
榊山大	宮城県石巻市	K2i（フンデガー）	hsbcad／ネットイーグル XF-15
株式会社志田材木店	新潟県長岡市	Ultra（ユニチーム）	CAD WORK
		K2（フンデガー）	hsbcad
株式会社中東	石川県能美市	K2i（フンデガー）	hsbcad
齋藤木材工業株式会社	長野県小県郡	NGW（平安コーポレーション）	Autocad 互換 CAD、ネットイーグル XF-15
株式会社翠豊	岐阜県加茂郡	CLT 用 NC 加工機(平安コーポレーション)	M-draf/JWW
株式会社スカイ	静岡県磐田市	Ultra（ユニチーム）・OIKOS（SCM）	TOA アルティメット
ヒノキブン株式会社	愛知県名古屋市中	Ultra（ユニチーム）	CAD WORK
銘建工業株式会社	岡山県真庭市	Ultra（ユニチーム）	CAD WORK／ネットイーグル XF-15
		Extra（ユニチーム）	CAD WORK
株式会社サイプレス・スナダヤ	愛媛県西条市	Techno Wall（エセツトレ）	CAD WORK
三王ハウジング株式会社	愛媛県新居浜市	Accord（SCM）	Maestro CNC
		OIKOS（SCM）	CAD WORK／TOA アルティメット
		K3i（フンデガー）	hsbcad
（株）サカワ	愛媛県東温市	K2i（フンデガー）	hsbcad
ランバー宮崎協同組合	宮崎県宮崎市	ロボットドライブ（フンデガー）、K2i-Robot, K2i-MAX（フンデガー）	hsbcad
山佐木材株式会社	鹿児島県肝属郡	Extra_mix（ユニチーム）	CAD WORK
		K2（フンデガー）	hsbcad

※CLT 建築物の設計ガイドブック³³（愛媛県 CLT 普及協議会）・日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

1.1.4 他材料との差別化の取組（個別事例の紹介）

CLT に関する技術について、製品（製造工程除く）に対して特許が取得されている事例がある。以下に、それぞれの事例について紹介する。

（1）CLT 市松ブロック壁

技術コンサルティングファームである株式会社構造計画研究所³⁵は、2021 年に、CLT を活用した木製パネル耐震壁「CLT 市松ブロック壁」を開発し特許を取得した（特許番号：特許第 6817397 号）。

CLT 市松ブロック壁の特徴は、以下の通り。

- 耐震壁として用いることが可能
- 市松状に配置した CLT パネルと鋼板及びドリフトピンにより構成
- 小判の CLT パネルを金物と組み合わせることで、ブレース効果（ブレース（すじかい：四角形の骨組みに対角線上に入れた補強材）により建物全体の剛性を高め、地震や防風等の水平方向からの力に強くし建物の変形を小さく抑える）に期待した高耐力および靱性を有する
- 壁式構造である CLT パネル工法の課題であった採光性・通風性の確保、デザイン性・施工性の高い建築物とすることが可能

同材料を CLT パネル工法で採用した木造の幼保連携型認定こども園「平成学園向日葵幼稚園」（高知県）が 2021 年 3 月に竣工した。地上 2 階建て、木造（CLT パネル工法）、準耐火建築物で、延床面積は 2,082.3m² である。国土交通省「令和元年度サステナブル建築物等先導事業（木造先導型）」に採択され、施工費の一部に補助が使用されている。

（写真削除）

図 45 平成学園ひまわり幼稚園における CLT 市松ブロック壁の使用例
（出所）（株）構造計画研究所ウェブサイトより転載（<https://www.kke.co.jp/release/12922>）

³⁵ 同社は、東京工業大学発のベンチャー企業として構造設計事務所から事業を開始。現在は多様なソリューションを提供するコンサルティング企業だが、構造設計等の技術力を有する。

同材料を開発した（株）構造計画研究所は、今後の展開として、鉄骨造や RC 造の耐震要素としての利用等を目指している。



図 46 非木質構造と CLT 市松ブロックのハイブリッドイメージ

（左：鉄骨造とのハイブリッド、右：RC 造とのハイブリッド）

（出所）（株）構造計画研究所ウェブサイトより転載（<https://www.kke.co.jp/release/12922>）

（2）耐火集成木材「燃エンウッド® CLT 耐力壁」³⁶

株式会社竹中工務店は、耐火構造の木造部材「燃エンウッド®」を 2011 年に開発・実用化している。「燃エンウッド®」は、国土交通大臣による耐火構造の認定を受けており、独自の燃え止まり機構により、スギ、ヒノキ、カラマツ等をあらかしで用いることが可能である。

2021 年に同社は耐力壁として適用可能な耐火集成木材「燃エンウッド®CLT 耐力壁」を開発し、同社の燃エンウッド®シリーズに追加した。「燃エンウッド®CLT 耐力壁」の特徴は、以下の通り。

- CLT による「荷重支持部」とせっこう系セルフレベリング材とカラマツによる「燃え止まり層」、木材による「燃え代層」の 2 層の耐火被覆層で構成する耐火構造の木造部材
- 燃え止まり型耐火構造（2 時間）耐力壁の国土交通大臣認定を取得
- 耐震壁（地震力を負担）だけでなく耐力壁（建物の自重を支える）としての使用が可能
 - 柱を用いることなく建物の自重を支えることができ、住宅やオフィスの開けた居室空間を確保可能

³⁶ 参考（<https://www.takenaka.co.jp/news/2021/02/01/>）

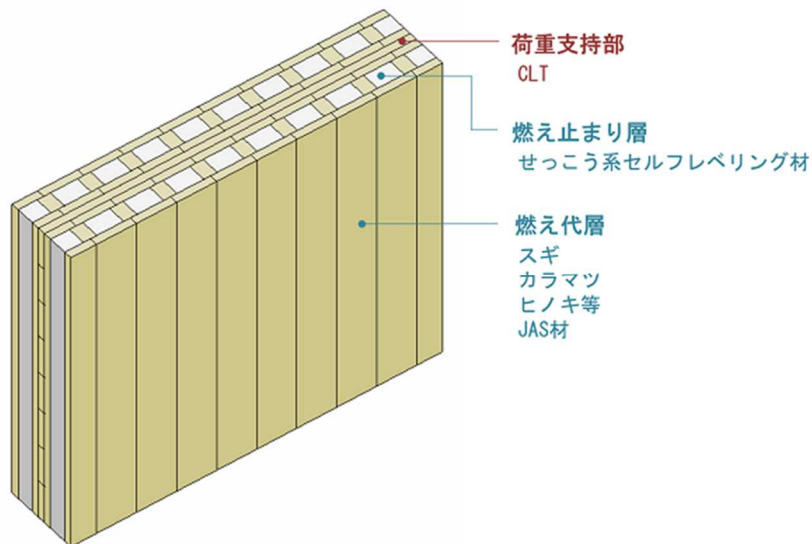


図 47 「燃エンウッド®CLT 耐力壁」の構造

(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載 (<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

2023 年に竣工した竹中工務店警固竹友寮では、同材料が採用されている。

(写真削除)

図 48 竹中工務店警固竹友寮

(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載 (<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

また、「燃エンウッド®CLT 耐力壁」に中空層を組み合わせることで、遮音性を付与した材料も開発している。高い遮音性能が必要とされる集合住宅や宿泊施設等への適用が想定されている。

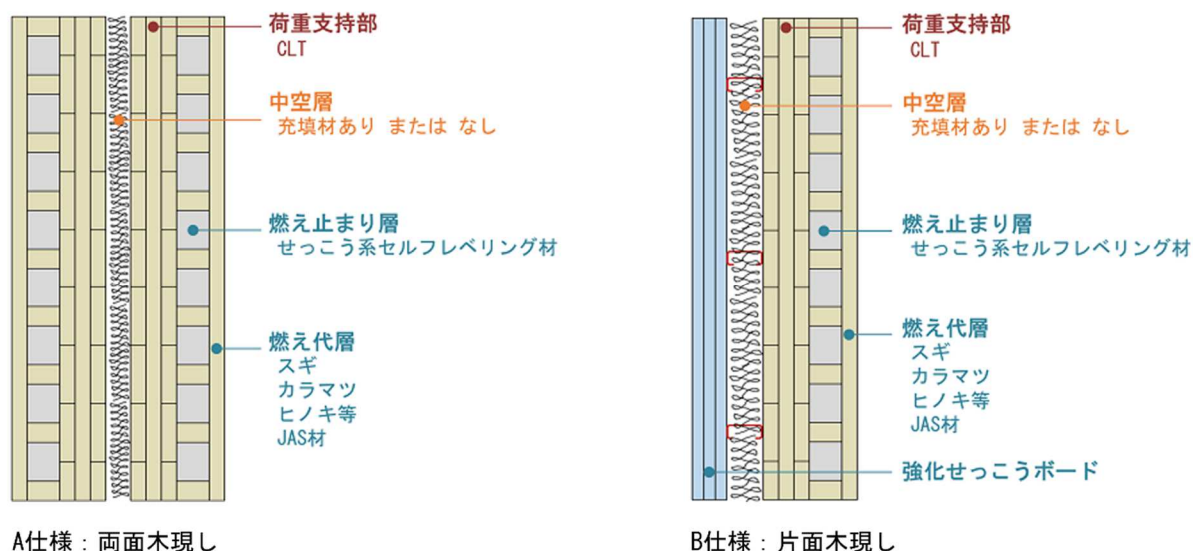


図 49 「燃エンウッド®CLT 耐力壁」(遮音仕様)の構造
(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載 (<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

(3) KiPLUS®シリーズ (竹中工務店)

1) 木の耐震壁「KiPLUS® WALL (キプラス ウォール)」

S 造または RC 造建物のコア回りや住戸境などに木の耐震壁 (CLT 壁※) を配置し、CLT 壁にも地震力などを負担させる架構システム。架構システム全体で地震力に対する必要な効力を発揮することで、柱や梁の断面サイズをスリム化し、計画の自由度が高まるとともに環境負荷の低減に寄与している。2022 年 7 月 28 日にプレスリリース。

適用事例として、兵庫県林業会館 (※S 造)、タクマビル新館 (研修センター) (※S 造)、プラウド神田駿河台 (※RC 造) が挙げられている。

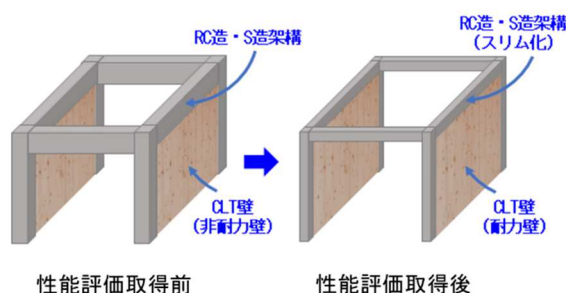


図 50 「KiPLUS® WALL」による性能補完、スリム化のイメージ
(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載
(<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus/><https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

2) 木材を用いた CFT 柱・鉄骨梁の耐火被覆「KiPLUS TAIKA (キプラスタイカ)」

「KiPLUS TAIKA」は、一般流通木材を使用した耐火被覆技術であり、CFT 柱と鉄骨梁

に対して2時間耐火性能を持つ構造部材として国土交通大臣認定を取得している。火災時には木材が炭化しながらゆっくり燃え、熱の侵入を抑制することで、14層までの建物で耐火性能を確保しつつ、木材を見せるデザインが可能。2023年10月16日にプレスリリース。

「KiPLUS TAIKA for CFT（特許出願済）は、CFT柱の周囲にアングル・鋼板等を用いて木材を取り付け、空気層が断熱性能を向上させる構造となっている。

「KiPLUS TAIKA for BEAM」は、鉄骨梁の周囲にせっこうボードと木材を取り付けた構造であり、設備配管用の貫通孔も設けることが可能。

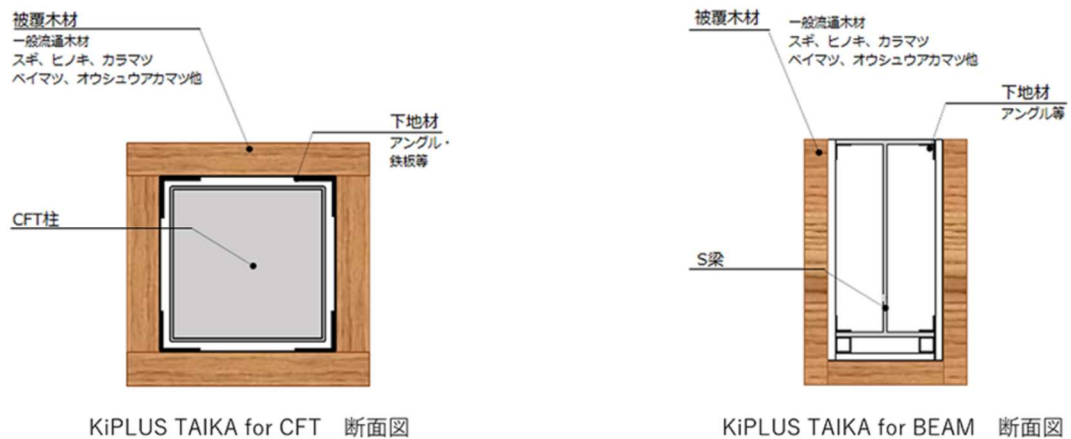


図 51 「KiPLUS TAIKA（キプラスタイカ）」の各商品の断面図

（出所）（株）竹中工務店ウェブサイトより転載

(<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus>/<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

3) CLT とデッキ合成スラブを組み合わせた工法「KiPLUS DECK（キプラスデッキ）」 ※特許出願済

一般的な建物に多く使われているデッキ合成スラブの下面に取り付けた CLT の補強効果により、スラブを薄くしたり、デッキのスパンを最大で 25%伸ばすことが可能。その結果、小梁やデッキの板厚を削減し、資材量を減らして環境負荷を低減することが可能となった。デッキと CLT を工事現場にて組み合わせるシンプルな施工方法を採用しローコスト化も図っている。2024年5月9日にプレスリリース。

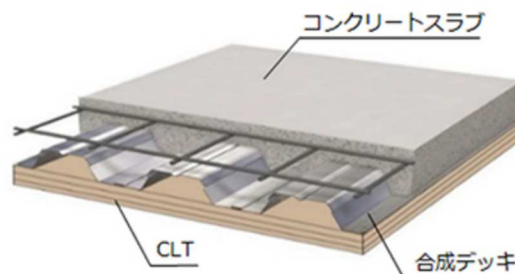


図 52 KiPLUS DECK の構成

（出所）（株）竹中工務店ウェブサイトより転載

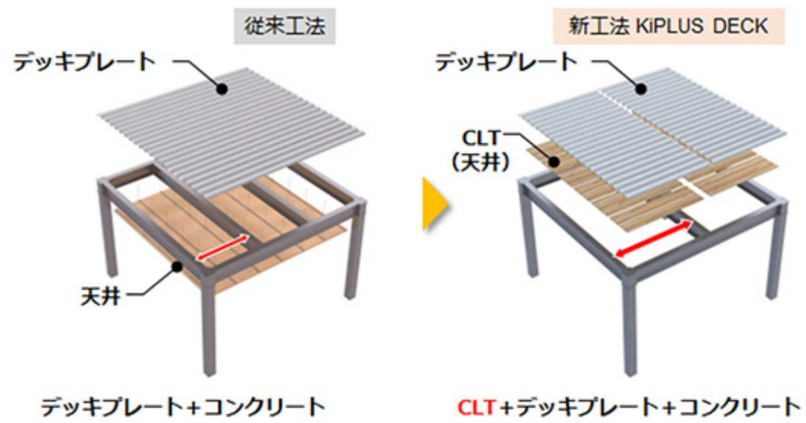


図 53 CLT の効果

(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載

(<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus>/<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

4) CLT と「スパンクリート」を組み合わせた工法「KiPLUS SPANCRETE（キプラススパンクリート）」※特許出願済

「KiPLUS SPANCRETE」は、プレキャストコンクリートスラブ（コンクリート部材を設備の整った工場で製造し、現地に持ち込んで組み立てる工業化工法）であるスパンクリートの下面に CLT を接合した床システム。最大で 10m を超える大きなスパンを小梁なしで掛け渡すことができ、CLT の補強効果により床の変形や・振動を抑制することが可能。工事現場での取り付けが困難な大型の CLT も工場で行うことができ、大面積の木仕上げ天井を実現可能である。2024 年 5 月 9 日にプレスリリース。

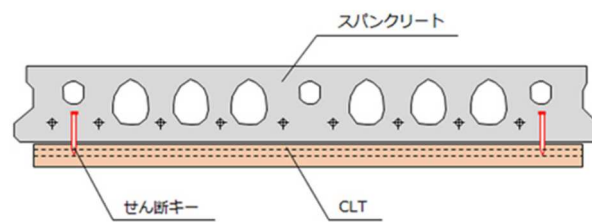


図 54 KiPLUS SPANCRETE の構成イメージ

(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載

(<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus>/<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

5) CLT と現場打ちスラブを組み合わせた工法「KiPLUS SLAB（キプラススラブ）」

CLT の上面に鉄筋を接合し、それを型枠としてコンクリートを現場施工してスラブを作る床システム。鉄筋が補強材となることでスパンを大きくすることが可能。また、仮設の簡易化によるローコスト化が可能。コンクリート硬化後は、下面の CLT が床の変形や振動を抑制。CLT の板同士の間に天井設備を取り付けるためのレールを組み込むことで、テナントの入替時にも CLT を傷つけずに設備・照明のレイアウトを変更することも可能。2024 年 5 月 9 日にプレスリリース。

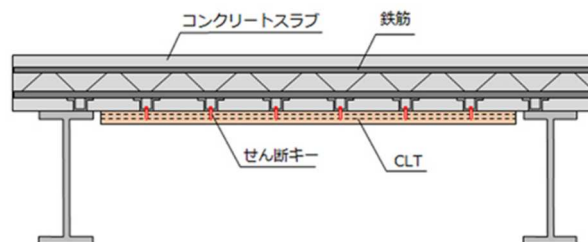


図 55 KiPLUS SLAB の構成イメージ

(出所) (株) 竹中工務店ウェブサイトより転載

(<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus>/<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

(4) 中高層木造建築構法「P&UA 構法」の開発

中高層木造建築物でルート 3（保有水平耐力） $D_s=0.3$ を実現した構法はなく、加えて本構法に限らず対象規模となる木造の構造性能は十分に検証されておらず、構造設計手法は確立されていない。また、木質材料全般の課題として、脆性破壊を防止する靱性の確保、荷重変形関係のスリップ防止、接合部の高い曲げ剛性と耐力の確保などが課題であること等を背景に、これらの課題を解決する新たな構法となる P&UA 構法の開発に着手した。

「P&UA 構法共同技術開発グループ」（東急建設㈱、㈱市浦ハウジング&プランニング、㈱織本構造設計、東急建設㈱、戸田建設㈱、東レ建設㈱、西松建設㈱、㈱長谷工コーポレーション、三井住友建設㈱）は P&UA 構法の開発を進め、同グループにて作成した 10 階建て共同住宅のモデルプランが、2022 年 10 月 14 日に一般財団法人日本建築センターの評定を取得。東急建設株式会社においては、本構法を中大規模木造建築物の設計施工を推進するうえで必要な技術と捉え、「モクタス」ブランドのラインナップに加えることで、さらなる展開を進める予定としている。なお、P&UA 構法は、GIUA とシアリングコッター耐力壁の 2 つの技術が用いられている。

➤ GIUA

- ・ 株式会社市浦ハウジング&プランニングによる特許出願済の技術。
- ・ 中大規模木造で一般的な鋼棒挿入接着接合（GIR）に、鋼棒を接着させないアンボンド部分を設けた接合構法。
- ・ アンボンド部分により、木材の割裂を抑え、鋼棒が伸縮してエネルギーを吸収する。
- ・ 工場で柱・梁の木材端部に施工し、現場では鉄骨のパネルゾーンにボルトで緊結するだけで施工が省力化される。

➤ シアリングコッター耐力壁

- ・ 株式会社市浦ハウジング&プランニングと株式会社織本構造設計による特許出願済の技術。
- ・ LVL や CLT 等の木質パネルを上下に並べ、L 型に折り曲げた鋼材（コッター）を差し込んで接続する耐力壁。
- ・ 地震時に上下の木質パネル間でスライドしようとする力を鋼製コッターが変形して吸収。
- ・ 木質パネルを損傷させず、コッター部分が変形してエネルギーを吸収するため、一般の木質耐力壁より優れた変形性能とエネルギー吸収性能を有する。

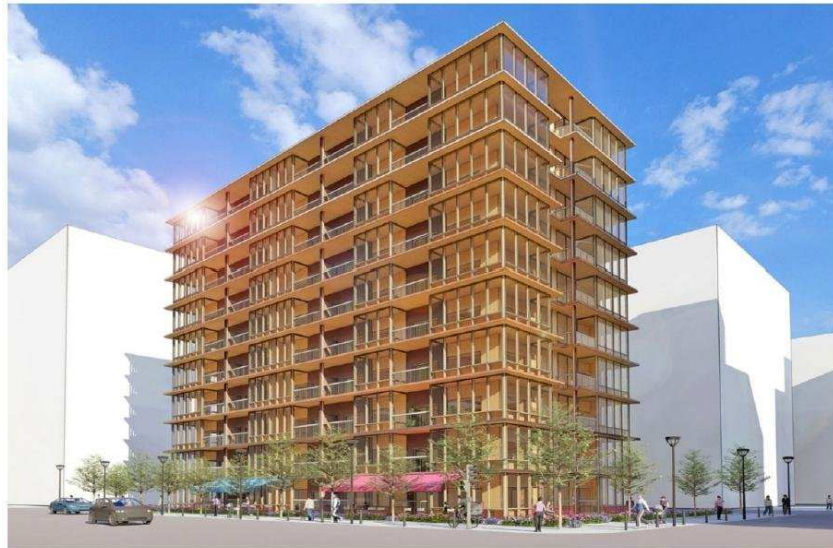


図 56 個別評定を取得した 10 階建て共同住宅のイメージパース
(出所) 東急建設株式会社ホームページ (<https://www.tokyu-cnst.co.jp/topics/2334.html>) より転載

(5) 大規模木造用ロボット加工機の開発

前田建設は、国立大学法人千葉大学と共同で、BIM (Building Information Modeling : 建築 3 次元モデル) のデータから大規模木造建築に使用する CLT 材などの構造材を自動加工できる多関節ロボット加工機を開発した。また、自社施設の「ICI ラボ」(新技術研究所、茨城県取手市)に加工機を設置し CLT 材のプレカットと精密彫刻を可能にした。

(写真削除)

図 57 多関節ロボット加工機による切削

(出所) 前田建設工業株式会社資料より転載
(https://www.maeda.co.jp/assets/file/news/maedapressrelease_20181214.pdf<https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/kiplus/https://www.takenaka.co.jp/solution/environment/moenwood/>)

1.2 CLT を用いた建築物

1.2.1 工法の種類と特徴

CLT を用いた工法は、CLT パネル工法、CLT を部分利用した木造軸組工法、混構造 (鉄骨造などと CLT パネルの組合せ) がある。以下でそれぞれの概要を整理する。なお、これらに加えて、無柱大空間を実現することが可能な「CLT 大梁ジョイント・メタルレス構法」、CLT パネルの立面と平面的な配置の自由度を向上させる「CLT ランダムパネル構法」、CLT ランダムパネル構法と CLT を RC スラブの型枠兼天井仕上げ材として使用し、音振動環境・防耐火性能に優れた木質構造を具現化させる「ハイウッドスラブ構法」等の工法も開

発・施工されている³⁷。

(1) CLT パネル工法

CLT パネル工法は、水平力と鉛直力の両方を負担する壁として CLT を用いることが可能。構造設計に関する技術基準は平 28 国交告第 611 号に CLT パネル工法として規定されている（再掲）。使用するパネルの大きさと接合方法によって、開口のない無開口壁パネルを用いる小幅パネル架構、開口部を含むパネルを用いる大版パネル架構があり、大版パネル架構は開口部周辺の破壊、接合具の配置の違いによって 2 種類の構成方法に分けられる。

小幅パネル架構

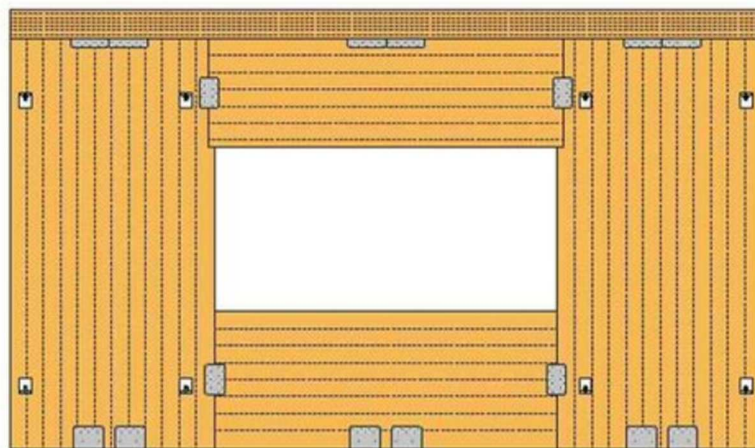


図 58 小幅パネル架構

(出所) (https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=87) より転載

大版パネル架構造①



³⁷ (参考) CLT パネル工法で国内最大級のスパン 18m の無柱大空間を岡山県の大学で構築、清水建設：プロジェクト-BUILT (<https://built.itmedia.co.jp/bt/articles/2210/06/news021.html>)

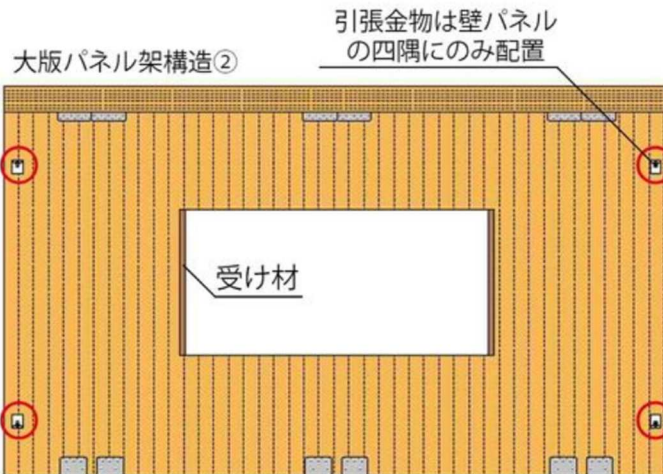


図 59 大版パネル架構造 (2 種類)

(出所) (https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=87) より転載

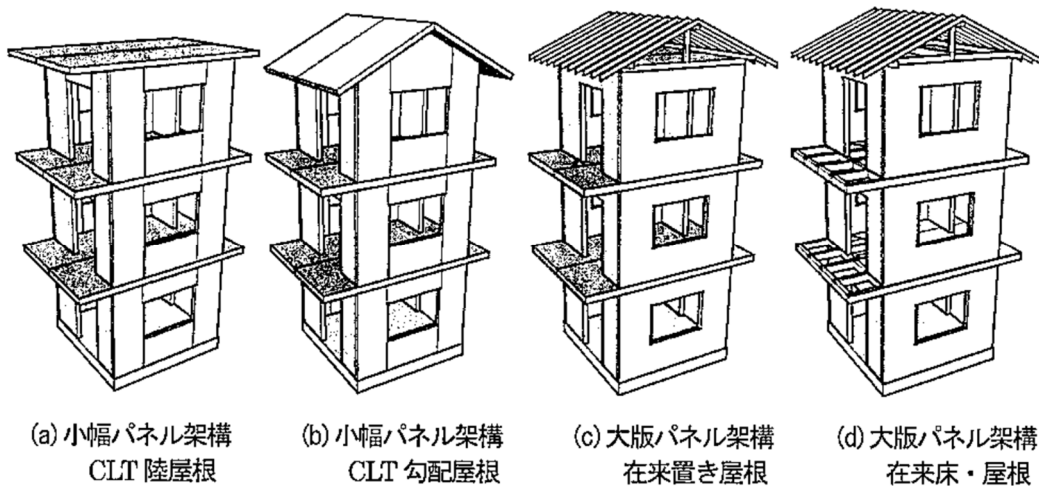


図 60 CLT パネルを用いた建築物の架構形式 (CLT パネル工法)

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 2024 年版実務者のための CLT 建築物設計の手引きより転載

CLT は剛体として扱われ、接合部が変形性能の殆どを担う構造となる。CLT パネル工法においては、1 階の壁脚接合部は構造用アンカーボルト ABR 等（一定範囲の強度で降伏し、塑性後の伸び率も保証されているもの）を使用するなどして降伏耐力と変形性能を制御することが不可欠である。

また、CLT パネル自体は剛性・耐力は大きいが破壊性状は脆性的であり、水平力に対する建築物の破壊靱性のほとんどは接合部によって担保される。したがって、接合部を構成する金物、ビス、ボルト等のうち、腐食のおそれのある部分や常時湿潤状態となるおそれのある部分に用いるものについては特に慎重に防錆措置を施す必要がある。

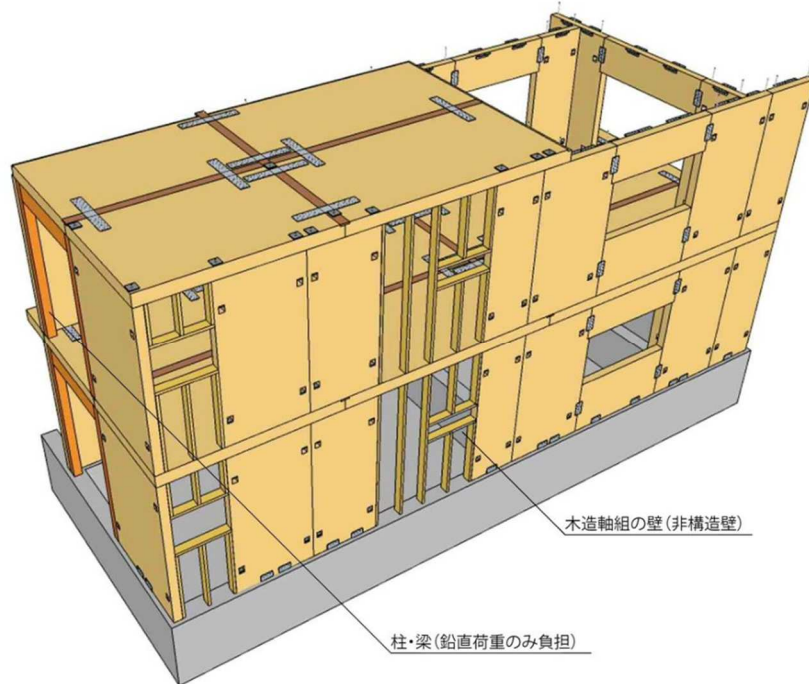


図 61 CLT パネル工法の構造イメージ（木造軸組の組み込み）
 （出所）集成材×CLT（銘建工業（株））
 （https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=65）より転載

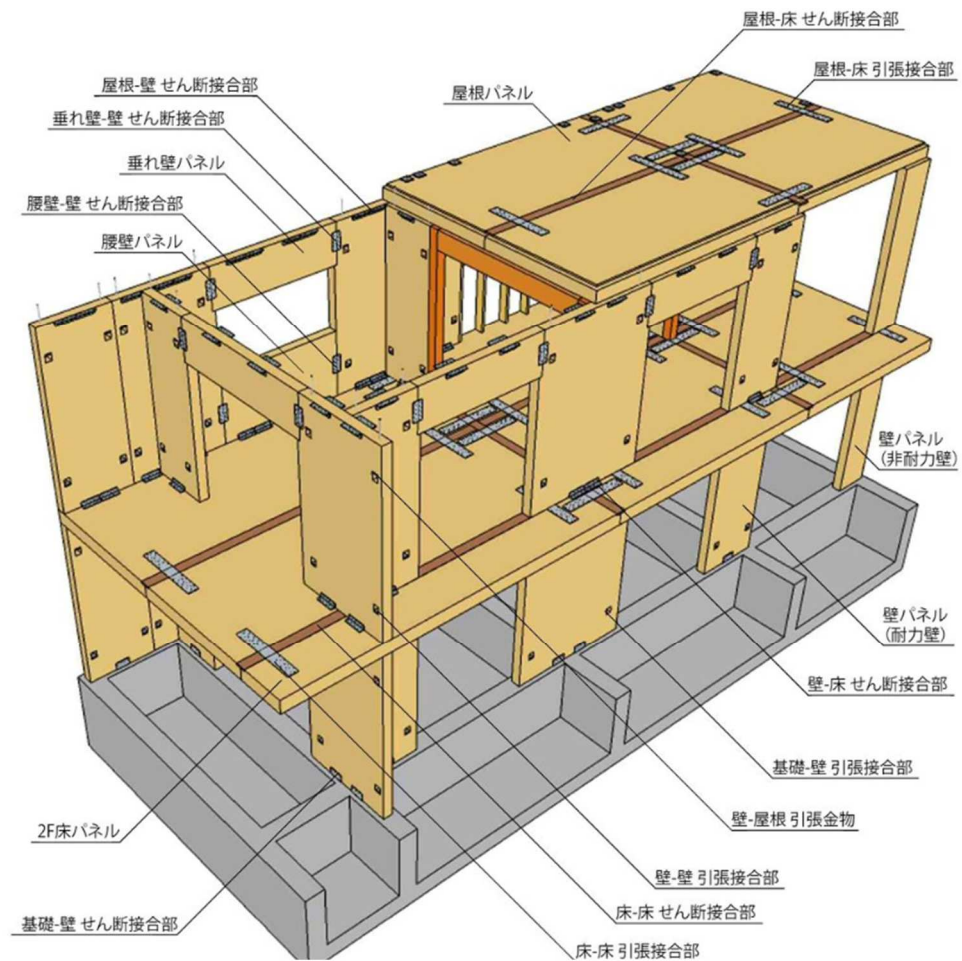


図 62 CLT パネル工法の構造イメージ（躯体及び接合部）

（出所）集成材×CLT（銘建工業（株））

（https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=65）より転載

（写真削除）

図 63 CoCo CLT（つくば CLT 実験棟）

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載（https://clta.jp/case/detail/017_coco-clt/）

表 65 概要（CoCo CLT（つくば CLT 実験棟））

CLT 利用部分	床、壁、屋根
CLT サイズ	壁：90/150mm（最大 2×6m） 床：210 mm（5 層 7 プライ）、 屋根：150mm（5 層 5 プライ）
構造	CLT パネル工法
設計ルート	ルート 3

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイト（https://clta.jp/case/detail/017_coco-clt/）

1) サミット CLT 工法（パネル）³⁸

CLT パネル工法を GIR 接合で実現した工法。全ネジボルトの一部を縮径（特許第 4377927 号）することで高い靱性を確保した接合方法。

	サミット CLT 工法（パネル）
接合部位	CLT パネル工法における各接合部位に対応
接合方法	GIR 接合（M20 全ネジボルト（一部縮径）＋高ナット＋エポキシ樹脂）
構成要素	CLT パネル
剛性	◎
靱性	◎
意匠性	◎（接合部が見えない）
CLT 部材寸法	CLT パネル工法に準ずる （ラミナ厚 30mm 以上）
CLT 対象等級	Mx60-3-3-Mx120-9-9（※） S60-3-3-S120-9-9（※）
CLT 対象樹種	
混構造対応	○

※告示により 7 層 7 プライ（強軸）・9 層 9 プライは、面外方向に応力負担する箇所（床・屋根等）は使用不可



図 64 外観イメージ（サミット CLT 工法）

³⁸（参考）サミット CLT 工法（軸組）技術と製品 中大規模木造建築 SMB 建材のサミット HR 工法 (<https://summit-hr.com/technology-and-product/summit-clt-jikugumi/>)

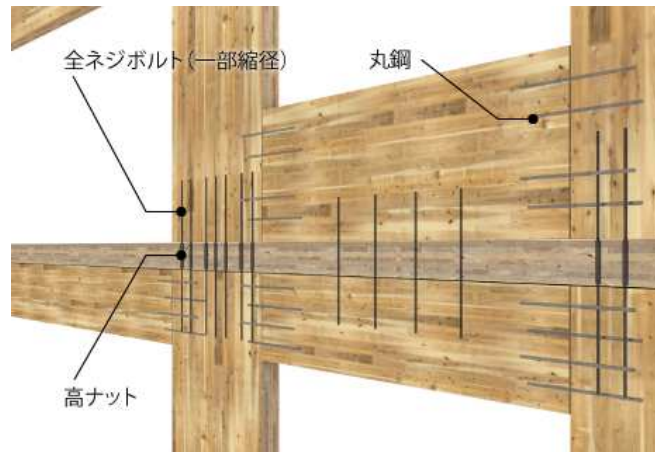


図 65 CLT-壁接合例 (サミット CLT 工法)

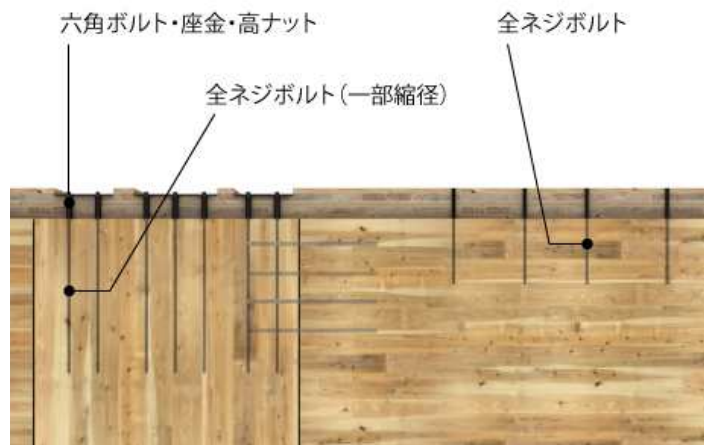


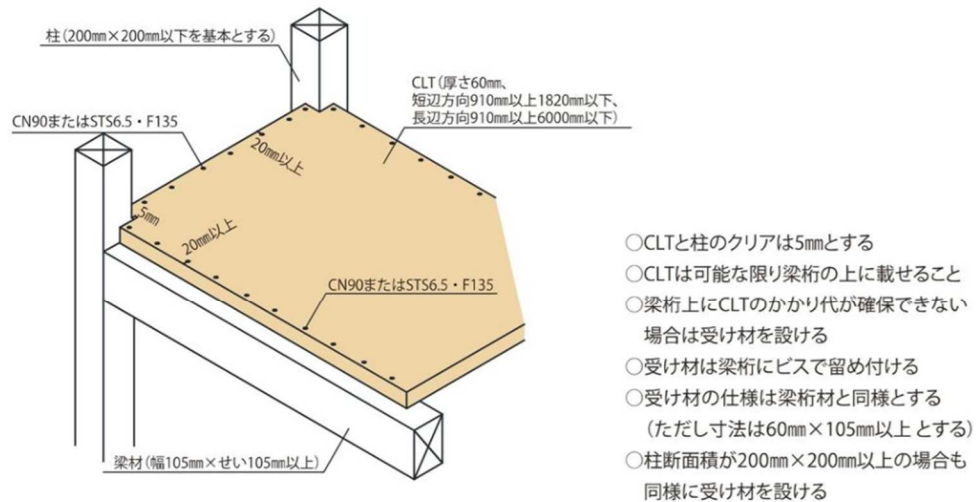
図 66 CLT-屋根接合例 (サミット CLT 工法)



図 67 柱脚の接合例 (サミット CLT 工法)

2) シンパネル工法

在来軸組工法建築物や集成材等建築物、CLT パネル工法において、その一部又は全ての床及び屋根の水平構面に CLT を用いる工法。CLT の留め付けは合板のような手軽さで、CLT を構造用製材又は構造用集成材の梁桁に釘又はビスで接合する。用いる CLT の厚さは 60mm、最大サイズは 1820×6000mm で、小梁は省略可能。



受け材の留め付けに使用するビスの長さが必要本数

受け材 幅 (mm)	STS6.5F (mm)	本数 (本/m)
60	135	9
90	135	
105	180	
120	180	
150	250	

※上記受け材の仕様その他、構造計算による方法でも可。

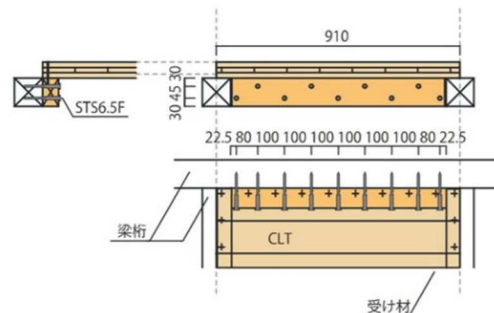


図 68 シンパネル工法における CLT と柱の納まり

(出所) 銘建工業株式会社 (https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=141) より転載

3) LC-core 構法

CLT パネルを効率よく配置し、パネルの使用量を抑えた構法を開発。壁・床・屋根などの構造躯体は CLT パネルで構成し、耐力壁をコア型に配置。

本来、垂直方向の壁には、すべて CLT パネルを配置していた部分をコア型にすることにより、必要なだけの CLT パネルと在来軸組フレームで新たな木質空間を創出。これにより CLT パネルの立米数を減らし、歩留まりを向上させ、コストや施工性・工期にも配慮した構法となっている。

(写真削除)

図 69 LC-Core 構法による施工例 (LIFE FIT STUDIO URAWA)

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会 CLT 利用例集

(<https://clta.jp/wp-content/uploads/2021/12/4dd807d15051d4d796665267fcd70fad.pdf>) より転載

(写真削除)

図 70 LC-core 構法による施工例 (日本ゼオン株式会社 水島工場 苑美寮 A 棟)

(出所) 【岡山県産材/国産材を使用】CLT パネルを用いた 1,000 平米超の社員寮がついに完成！ (PR TIMES)

(<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000091.000026371.html>) より転載

(2) CLT を部分的利用した木造軸組構法建築物

柱梁の木造軸組工法に対し、水平力のみを負担する壁、または鉛直力のみを負担する壁、床版として CLT を用いることが可能。構造計算ルートは、従来の木造軸組工法と同様となる。

CLT を CLT 壁として活用する場合、構造用合板と同様に軸組工法の耐力壁として用いることが可能だが、CLT の壁倍率が定められていないため壁量計算のなかで使用することはできない。そのため、基本的には許容応力度等計算によって設計する必要がある。CLT 壁は、大壁 (柱や梁を壁の内部に隠した内壁)、真壁 (柱や梁を露出させて仕上げた内壁) とともに使用可能だが、大壁の場合には合板に比べて板厚が厚いため、長ビスや背面から L 型金物などでビス接合する必要がある。真壁として利用する場合、CLT パネル工法と同様の金物接合、長ビスの斜め打ちなどで接合することとなり、ビスの選択、配置、施工方法に注意が必要である。また、住宅用流通製材を用いた軸組の場合には、高強度の耐力壁は周辺の軸組を破壊しやすくなるため、短期許容せん断力 14kN/m 程度に抑えて使用するのが通例である。厚い CLT 版の大壁は、柱、梁を木材で被覆することになり、準耐火構造の燃えしろとして利用することが可能であり、防耐火性能の向上にも有用である。

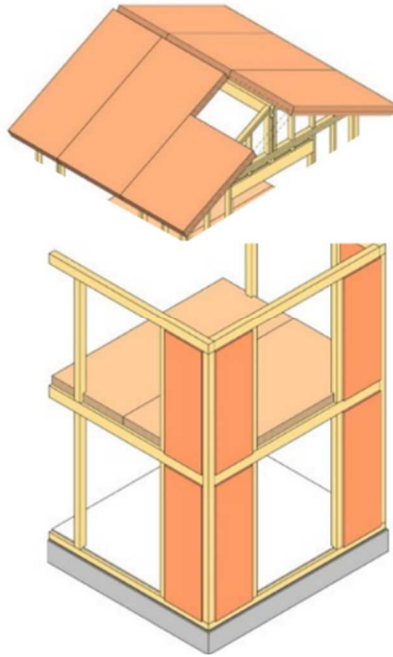


図 71 CLT を部分的利用した木造軸組構法建築物（イメージ）

図 72 「木造軸組工法」でつかえる CLT（株式会社鳥取 CLT）（<https://www.tottoriclt.co.jp/clt/wp-content/uploads/2022/09/220806%E3%80%8C%E6%9C%A8%E9%80%A0%E8%BB%B8%E7%B5%84%E5%B7%A5%E6%B3%95%E7%BC%8BCLT36%E3%80%8D.pdf>）より転載

（写真削除）

図 73 ウッドワンプラザ金沢

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載（<https://clta.jp/case/detail/ウッドワンプラザ金沢/>）

表 66 概要（ウッドワンプラザ金沢）

CLT 利用部分	2 階床板、小屋床板
CLT サイズ	最大 150×2,350×10,010mm 底部 210×1,06×3,640mm
構造	木造（軸組工法 CLT 利用）
設計ルート	ルート 1

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイト（<https://clta.jp/case/detail/ウッドワンプラザ金沢/>）

（写真削除）

図 74 桐朋学園宗次ホール

（出所）一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載（https://clta.jp/case/detail/case171_touhougakuken/）

表 67 概要（桐朋学園宗次ホール）

CLT 利用部分	天井、壁、階段
CLT サイズ	(最大) 巾 1,150mm×長さ 12,000mm×厚さ 150mm (折板梁は縦継ぎ 17.4m)
構造	木造（軸組工法 CLT 利用）
設計ルート	ルート 2

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイト (https://clta.jp/case/detail/case171_touhougakuken/)

(写真削除)

図 75 高知学園大学

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載 (https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

表 68 概要（高知学園大学）

CLT 利用部分	壁、床、屋根
CLT サイズ	(最大) ヨコ使い 1500× 12000× 90mm タテ使い 2200× 11300× 150mm
構造	X 方向：木造(軸組工法) Y 方向：CLT パネル工法
設計ルート	ルート 3

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイト (https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

1) サミット CLT 工法（軸組）

CLT の仕口に孔加工を施し、M20 の全ネジボルトを挿入しエポキシ樹脂で充填硬化する接合方法。軸組（柱・梁）は RC 造や S 造でも対応可能である。



図 76 施行イメージ（サミット CLT 工法（軸組））

(出所) サミット CLT 工法（軸組）-技術と製品-中大規模木造建築-SMB 建材のサミット HR 工法 (<https://summit->

	サミット CLT 工法（軸組）	
接合部位	CLT 耐震壁（GCW）	CLT 床・屋根（GCH）
接合方法	GIR 接合（M20 全ネジボルト＋エポキシ樹脂）	
構成要素	柱・梁フレーム＋CLT	CLT
剛性	◎	◎
靱性	—	—
意匠性	◎（接合部が見えない）	
CLT 部材寸法	壁幅 600mm 以上 （ラミナ厚 30mm 以上）	CLT 幅 360mm 以上 （ラミナ厚 30mm 以上）
CLT 対象等級	Mx60-3-3～Mx120-9-9 S60-3-3～S120-9-9	Mx60-5-5～Mx120-5-7（※） S60-5-5～S120-5-7（※）
混構造対応	◎	◎

※告示により 7 層 7 プライ（強軸）・9 層 9 プライは、面外方向に応力負担する箇所（床・屋根等）は使用不可
（出所）各工法の比較-中大規模木造建築-SMB 建材のサミット HR 工法（<https://summit-hr.com/comparison/>）

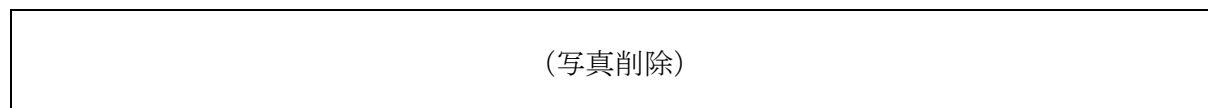


図 77 学校法人羽黒学園 羽黒高等学校

※サミット工法（軸組）・サミット工法（パネル）の組合せでの施工例

（出所）学校法人羽黒学園 羽黒高等学校-小・中・高等学校-施工事例-中大規模木造建築-SMB 建材のサミット HR 工法（https://summit-hr.com/case-search/sbprenew_357/）より転載

2) シンパネル（再掲）

在来軸組工法建築物や集成材等建築物、CLT パネル工法において、その一部又は全ての床及び屋根の水平構面に CLT を用いる工法。CLT の留め付けは合板のような手軽さで、CLT を構造用製材又は構造用集成材の梁桁に釘又はビスで接合する。用いる CLT の厚さは 60mm、最大サイズは 1820×6000mm で、小梁は省略可能。

3) CLT 床板 90・CLT 床板 150³⁹

在来軸組工法建築物又は集成材等建築物において、その一部又は全ての床及び勾配屋根の水平構面に CLT を用いる工法。CLT を構造用製材又は構造用集成材の梁・桁に長ビスで接合する。CLT 相互の接合は継手部の表層部を切り欠き、構造用合板をそれぞれの CLT にビスで緊結する。CLT 床パネルの厚さは 90mm（CLT 床板 90）、150mm（CLT 床板 150）。

(3) 混構造

CLT は、鉄骨造建築物や鉄筋コンクリート造建築物へ CLT パネルを部分利用または併用構造とすることが可能である。

立面混構造として下層を RC 造あるいは鉄骨造とし上層に CLT を用いることが可能で、あるいは CLT を下層に用いて、上層を木造軸組工法、鉄骨造などにすることも可能である。また、RC 造や鉄骨造等の床、壁等として CLT を用いることも可能であるが、同一層に異なる構造形式を併用する場合には、高度な設計法が要求される。

木造と同じ軸組工法である鉄骨造においても CLT を壁、床に使用することが可能。これまでの鉄骨造では、床にはデッキプレート＋コンクリートスラブ、ALC 版＋水平ブレースなどが用いられ、壁は ALC 版＋ブレースなどが用いられてきたが、床、壁の面材を CLT で置き換えることが可能となる。CLT では周辺部材との接合方法を工夫すれば、面内せん断耐力が確保できるため床では水平構面として水平ブレースを省略することが可能となる。壁に用いる場合には、仕上材と・耐震壁として使用することも可能である。耐震壁として用いる場合には、CLT と周辺鉄骨部材との接合に工夫が必要である。平力によって生じる圧縮力を CLT、引張力を金物が抵抗するシステムや、CLT を枠内に固定して圧縮ブレースのように効かせたパネルシステムなどがある。また、木造軸組工法に高耐力の CLT 壁を設置した場合、境界梁となる CLT 周辺の梁には大きな曲げモーメント、せん断力が発生することになるため、その応力に対しては木質梁よりも鉄骨梁を配置した方が効率的な場合もある（壁の性能がさらに向上した場合）。

³⁹ （参考）銘建工業株式会社カタログ（https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=147）

(写真削除)

図 78 香南市庁舎

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載
(https://clta.jp/case/detail/142_konancyousya/https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

表 69 概要 (香南市庁舎)

CLT 利用部分	壁 (耐震壁)
CLT サイズ	(最大) 幅 1,800×高さ 2,600×厚さ 210mm
構造	鉄骨造 (CLT 利用)
設計ルート	ルート 3

(出所) 一般社団法人日本 CLT 協会ウェブサイトより転載
(https://clta.jp/case/detail/142_konancyousya/https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

1) サミット CLT 工法 (軸組) (再掲)

M20 の全ネジボルトを挿入しエポキシ樹脂で充填硬化する接合方法。軸組 (柱・梁) は RC 造や S 造に対応可能。

	サミット CLT 工法 (軸組)	
接合部位	CLT 耐震壁 (GCW)	CLT 床・屋根 (GCH)
接合方法	GIR 接合 (M20 全ネジボルト+エポキシ樹脂)	
構成要素	柱・梁フレーム+CLT	CLT
剛性	◎	◎
靱性	—	—
意匠性	◎ (接合部が見えない)	
CLT 部材寸法	壁幅 600mm 以上 (ラミナ厚 30mm 以上)	CLT 幅 360mm 以上 (ラミナ厚 30mm 以上)
CLT 対象等級	Mx60-3-3~Mx120-9-9 S60-3-3~S120-9-9	Mx60-5-5~Mx120-5-7 (※) (同一) S60-5-5~S120-5-7 (※)
CLT 対象樹種		
混構造対応	◎	◎

※告示により 7 層 7 プライ (強軸)・9 層 9 プライは、面外方向に応力負担する箇所 (床・屋根等) は使用不可
(出所) 各工法の比較-中大規模木造建築-SMB 建材のサミット HR 工法 (<https://summit-hr.com/comparison/>)

(写真削除)

図 79 愛媛県歯科医師会館

(出所) 愛媛県歯科医師会館-診療所-施工事例-中大規模木造建築 - SMB 建材のサミット HR 工法
(<https://summit-hr.com/case-search/5965ehimeikasika/>) より転載

表 70 概要（愛媛県歯科医師会館）

CLT 利用部分	壁（耐震壁）（愛媛県産杉 CLT・ヒノキ CLT）
CLT サイズ	—
構造	鉄骨造 一部木造（CLT 利用）
設計ルート	—

（出所）近代建築に紹介されました-愛媛県歯科医師会館（https://summit-hr.com/news-topics/case-study/media/5965ehimeikasika_2/<https://summit-hr.com/case-search/5965ehimeikasika/>）より MURC 作成

2) MK ラーメンシステム⁴⁰

集成材等建築物にラーメンフレームを組み込む工法。一般的な合板耐力壁と MK ラーメンを部分的に併用することで、コストをおさえつつ開放的な空間を作ることができる。

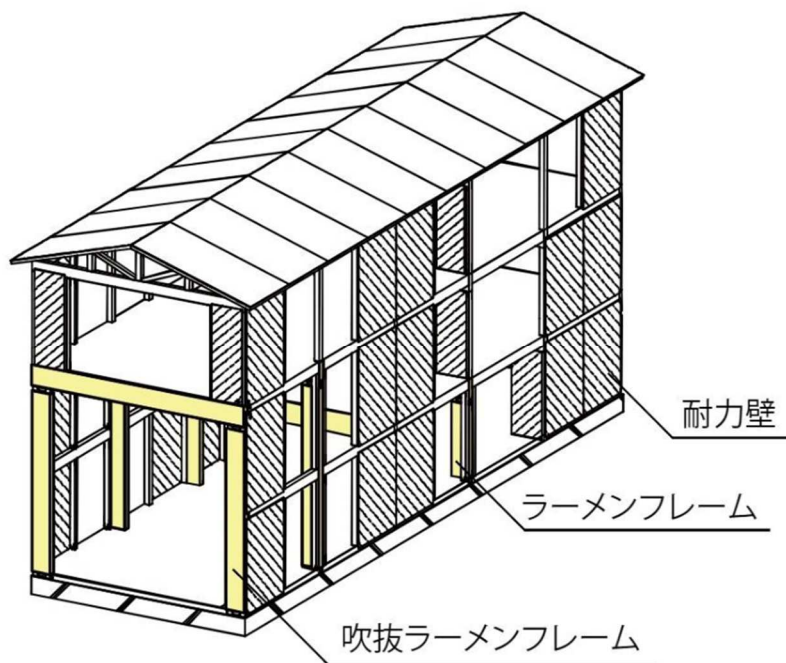


図 80 概略図（MK ラーメンシステム）

（出所）銘建工業株式会社（https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=137）より転載

⁴⁰ （参考）銘建工業株式会社カタログ（https://www.meikenkogyo.com/web_catalog/catalog_8/index.html#page=137）

(4) その他（CLT の特徴を活かした活用方策など）

これまでの木造建築では、柱梁の線材を用いた軸組工法の部材接合は、線材と線材の接合として継手仕口が改良されてきましたが、厚板面材の CLT は、面材と面材の接合となり、面材同士の稜線で角度をとりながら接合したり、面材のコーナー部を利用して接合したり、面材の辺の途中で角度を変えながら嵌合接合したりするなど、これまでの接合と異なる形を取る。面材同士の接合では、部材のかちまけなども表現の特徴となる。面材を強調したデザインは、伝統木造建築でも見られ、面で構成された垂直の防火壁、水平の軒、庇が街並みの特徴となっている例もある。厚板の CLT では、厚さ方向の加工技術もデザインの特徴にすることが可能。単に配線・配管用の溝を掘るだけでなく、3 次元加工の曲面表現や、照明器具や家具の組み込みなども可能となる。

(写真削除)

図 81 美保テクノス新社屋

(出所) 鳥取 CLT ウェブサイトより転載

(<https://tottoriclt.co.jp/gallery/j> パネル 36mm 厚 clt を棚板等に使用した事例 (美保テクノス)
(https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

表 71 概要 (美保テクノス新社屋)

CLT 利用部分	テーブルの天板、棚板
CLT サイズ	—
構造	—
設計ルート	—

(出所) 鳥取 CLT ウェブサイトより転載

(<https://tottoriclt.co.jp/gallery/j> パネル 36mm 厚 clt を棚板等に使用した事例 (美保テクノス)
(https://clta.jp/case/detail/140_kouchigakuen/)

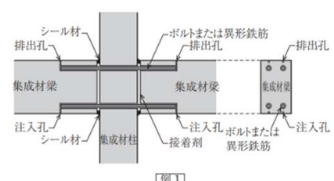
1.2.2 施工におけるポイント：接合について

(1) CLT を用いた建築物の接合部の強度性能⁴¹（CLT を用いた建築物の接合部に関する基本的な考え方と要求性能、耐久性について）

1) CLT パネル工法における接合部の概要

実証事業で得られた CLT 接合部の強度試験データを基に、適切な構造計算を行うためには「CLT 設計施工マニュアル」を参照する必要がある。

CLT パネルは剛体として扱われ、変形性能のほとんどは接合部が担う。主な接合方法には、鋼板添え板ビス接合、構造用合板をスプラインとしたビス接合、長ビスの斜め打ちビス接合などがある。引張接合方法には、GIR 接合、LSB 接合、引きボルト接合などがある。基本的な設計の考え方は、1 階の壁脚接合部を先行降伏させ、塑性後も十分な変形能力を持たせることである。なお、壁パネルー基礎接合部や壁パネルー床接合部は、水平移動に抵抗するため、正負のせん断応力に対応できる機構が必要となる。

接合	概要
GIR (Glued-in Rod) 接合 (鋼棒挿入 接着接合)	- ボルトや異形鉄筋のような棒状の接合具を部材（集成材や LVL）にあらかじめあけておいた孔に挿入し、孔の中の隙間に接着剤を充填して硬化させて接合するもの。 - 柱梁仕口部で直交させて適用することにより、2 方向ラーメン架構の構築も可能。柱脚部では、部材の柱脚に固定した接合具をコンクリート基礎のスリーブに建て入れ、無収縮モルタルを充填するなどして一体化する。この種の接合メカニズムは、接合具と接合される部材に設けられた穴との隙間に充填された接着剤の接着効果により、接合される部材間の力を接合具により伝されるものとして説明できる。 - 例 1 では接着剤の充填は、漏れ出し防止のために部材の接合面にシールを施したうえで、あらかじめあけた注入孔から接着剤を注入する。 - 例 2 は同図 (a) に示すような枝管付きの中空ボルトを挿入し、枝管を通して接着剤を空隙に充填させるもので、継手接合に適用した場合である。枝管は接着剤充填後に取り外し、込み栓を打ち込む。  【例 1】  (a) 中空ボルト (b) 施工方法 【例 2】 （出所）中大規模木造建築ポータルサイト（https://mokuzouportal.jp/cgi-data/sekkeigijutsu/doc/10001271-11-1621910407.pdf）より転載
LSB（ラグ）	ラグスクリーボルトは、木材中にねじ込まれ、引抜き耐力を他部材に伝達

⁴¹（参考）CLT 活用建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集（https://cltjishou.org/cgi-data/401_kyododata/doc/100000000496-3-1716527191.pdf）

スクリュー
ボルト) 接
合

するためのボルト仕様のねじ部を直列に配した接合具。柱脚と基礎部の接合は接合金物を介してアンカーボルト接合される。

(写真削除)

図 82 LSB を用いたモーメント抵抗接合部

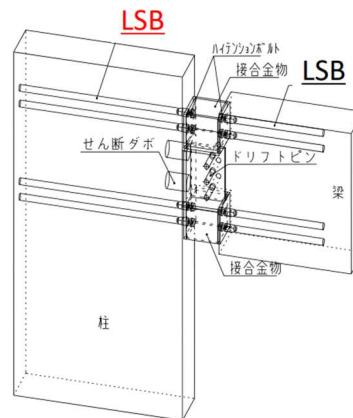
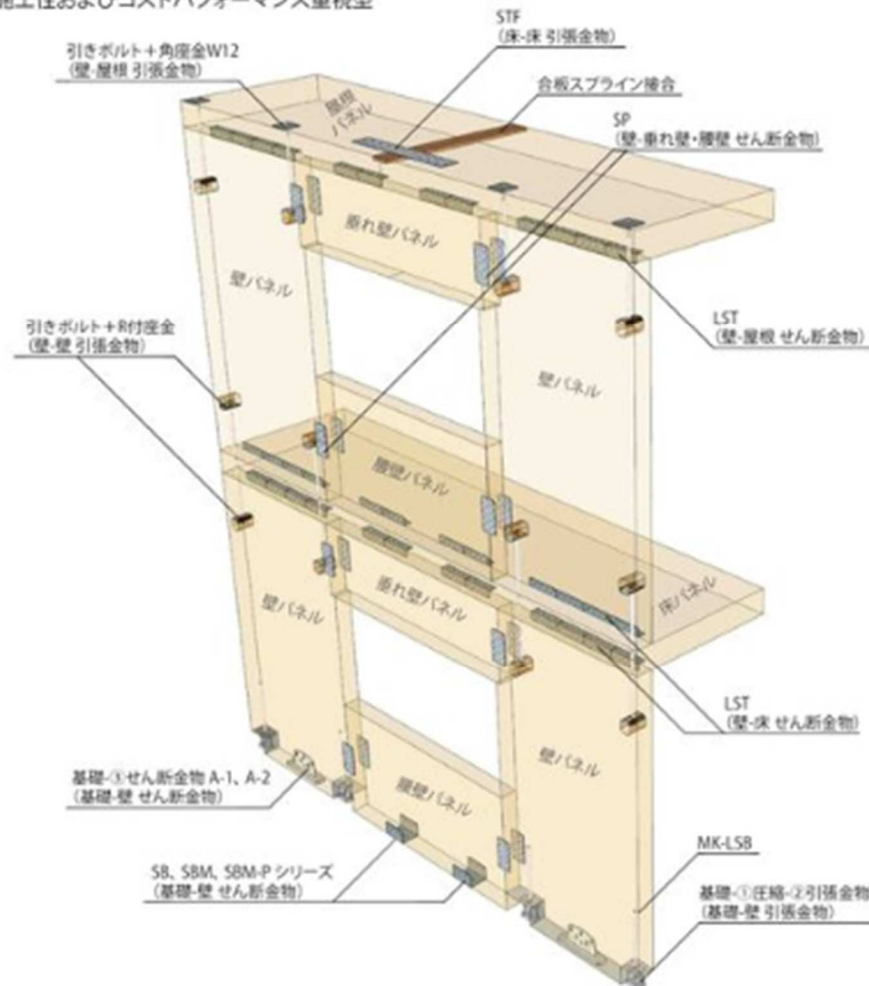


図 83 LSB 接合のイメージ

(出所) 中層大規模木造研究会設計支援情報データベース KiHP 解説動画資料より転載

2) 接合金物の選定例

(1) 施工性およびコストパフォーマンス重視型



3) CLT パネル工法以外における接合部の概要

鉄骨造や鉄筋コンクリート造建築物への部分利用や併用構造が可能。木造軸組構法では、長期荷重を木造軸組が負担し、短期荷重を CLT パネルが負担する使い方が可能である。

4) 告示で要求されている接合部の要求性能

CLT パネル工法を用いた建築物の関連告示(平 28 国交告第 611 号)においては、構造計算ルート別に接合部の要求性能が定められており、ルート 3、ルート 2、ルート 1 における引張接合部およびせん断接合部の要求性能が具体的に提示されている。高さ制限や第 611 号の適用除外を受ける場合は、限界耐力計算や時刻歴応答解析の結果に基づく接合部性能が要求され、その解析結果が適となるような接合部性能であればよい。

表 72 構造計算ルート 3 における接合部の要求性能

方法	Dsの設定	接合部位	該当告示	接合部の種類	要求性能	
①	0.4～0.55以上 (第5章 表5.2.2-1)	壁パネルー基礎	平28国交告第611号 第八第二号ニ(1)	形状の指定なし	当該接合部で先行降伏すること	
					δu (mm)	40 mm以上
		下階壁パネルー 上階壁パネル	平28国交告第611号 第八第二号ニ(2)	形状の指定なし	伸び率(%) ^{※1}	10 %以上
					δu (mm)	20 mm以上
②	0.75以上	指定無し	—	制限なし		
③	増分解析の結果による場合	指定無し	—	制限なし		

※1: ボルトのような一様に塑性変形するものを想定して定められている。

(出所) CLT を活用した建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集
(<https://www.howtec.or.jp/files/libs/2551/20190326151658203.pdf>)

表 73 構造計算ルート 2 における接合部の要求性能

方法	引張接合部の応力割増し係数	接合部位	該当告示	接合部の種類	要求性能	
①	1.3～1.8 (第6章 表6.2-1)	壁パネルー基礎	平28国交告第611号 第八第二号ニ(1)	形状の指定なし	当該接合部で先行降伏すること	
					δu (mm)	40 mm以上
	2.5以上	上記以外の引張接合部	平28国交告第611号 第八第二号ニ(2)	形状の指定なし	伸び率(%) ^{※1}	10 %以上
					δu (mm)	20 mm以上
②	2.5以上	全ての引張接合部	—	制限なし		

※1: ボルトのような一様に塑性変形するものを想定して定められている。

(出所) CLT を活用した建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集
(<https://www.howtec.or.jp/files/libs/2551/20190326151658203.pdf>)

表 74 構造計算ルート 1 による引張接合部の要求性能

接合部位	該当告示	接合部の種類	要求性能	
壁パネル-基礎	平28国交告第611号 第十第2第七号イ(1)	U形の鋼材その他これに類するもの ^{※2}	金物-CLTの終局耐力 P_u (kN)	86 kN以上
			ボルトの規格	M16(ABR490)
			引張応力に対して有効な部分の長さ(mm)	400 mm以上
	平28国交告第611号 第十第2第七号イ(2)	引きボルト	座金-CLTの終局耐力 P_u (kN)	86 kN以上
			ボルトの規格	M16(ABR490)
			引張応力に対して有効な部分の長さ(mm)	400 mm以上
下階壁パネル-上階壁パネル (壁パネル-床パネル)	平28国交告第611号 第十第2第七号ロ(1)	U形の鋼材その他これに類するもの ^{※2}	金物-CLTの終局耐力 P_u (kN)	135 kN以上
			ボルトの規格	M20(ABR490)
			引張応力に対して有効な部分の長さ(mm)	200 mm以上
	平28国交告第611号 第十第2第七号ロ(2)	引きボルト	座金-CLTの終局耐力 P_u (kN)	135 kN以上
			ボルトの規格	M20(ABR490)
			引張応力に対して有効な部分の長さ(mm)	200 mm以上
	平28国交告第611号 第十第2第七号ロ(3)	形状の指定なし	金物-CLTの終局耐力 P_u (kN)	135 kN以上
			δu (mm)	20 mm以上
			伸び率(%) ^{※1}	10 %以上
			接合部全体の許容耐力 P_a (kN) ^{※3}	79.6 kN以上
壁パネル-小屋組または屋根パネル	平28国交告第611号 第十第2第七号ハ	形状の指定なし	接合部の終局耐力 P_u (kN)	25 kN以上
床パネル-床パネル 床パネル-横架材	平28国交告第611号 第十第2第八号	形状の指定なし	接合部の許容耐力 P_a (kN)	52 kN/箇所

※1: ボルトのような一様に塑性変形するものを想定して定められている。

※2: 「これに類する」とは、仕様規定のABRに適切に力を伝えることができる機構を有するものを指す。

※3: 告示には記載が無いが、仕様規定以上の降伏耐力を満足する必要があるため。

(出所) CLT を活用した建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集

(<https://www.howtec.or.jp/files/libs/2551/20190326151658203.pdf>)

表 75 構造計算ルート 1 によるせん断接合部の要求性能

接合部位	該当告示	接合部の種類	要求性能	
壁パネル-壁パネル	第十第2第八号	形状の指定なし	接合部全体の許容耐力 P_a (kN)	52 kN/箇所
壁パネル-基礎、又は土台	第十第2第九号イ	形状の指定なし	接合部全体の許容耐力 P_a (kN)	1m当たり1箇所以上、かつ47kN/箇所
壁パネル-床パネル、小屋組又は屋根パネル	第十第2第九号ロ	形状の指定なし	接合部全体の許容耐力 P_a (kN)	1m当たり1箇所以上、かつ54kN/箇所

(出所) CLT を活用した建築物等実証事業に係る CLT 接合部強度データ集

(<https://www.howtec.or.jp/files/libs/2551/20190326151658203.pdf>)

5) 接合金物の耐久性に関する注意点

CLT パネル工法では、接合部が建築物の破壊靱性を担保するため、接合部の金物、ビス、ボルト等の防錆措置が重要であり、特に腐食や湿潤状態に対する対策が必要である。

(2) クロスマーク表示金物（X マーク表示金物）について

CLT パネル工法用の接合金物規格にクロスマーク表示金物(X マーク表示金物)がある。クロスマーク表示金物は公益財団法人日本住宅・木材技術センターが定める接合金物規格の一つで、CLT パネル工法用金物として制定され、同センターが承認・認定を実施している。X マーク表示金物の数は、大きく分けて 13 種類となっており、多くは基礎と壁パネルの接合に用いられ、材質や耐力、表面処理、耐力などが定められている。

X マーク表示金物は平成 28 年国土交通省告示第 611 号「CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術基準を定める件」に適合した接合金物である。X マーク表示金物は中立的な立場で製品・生産体制・供給体制の品質が評価される⁴²。

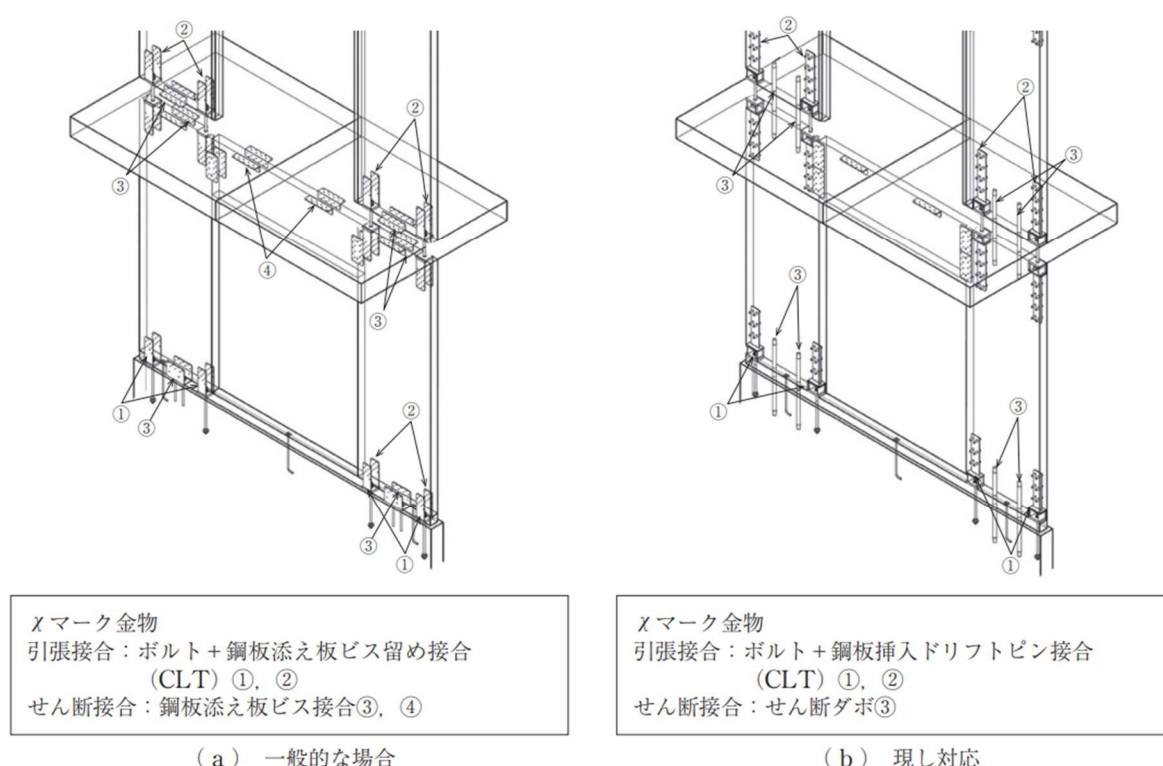


図 84 X マーク金物による接合例

(出所) (<https://mokuzouportal.jp/cgi-data/sekkeigijutsu/doc/10001271-11-1621910407.pdf>) より転載

1) クロスマーク表示金物を用いた設計

ルート 1 による設計は、木造の CLT パネル工法では 3 階建て以下（軒高 9m 以下、高さ 13m 以下）の矩形の建物に適しているとされる（同じルート 1 でも RC 造の場合は建物高さ 20m 以下で規定量の耐震壁があることとされている。採用する設計ルートにより必要となる耐震壁の規定量が異なるため、審査にかかる時間や予算、何を重視するかによって

⁴² 参考：接合金物規格・クロスマーク表示金物と生産・供給体制 (<https://www.dekanamono.com/xmark/>)

採用ルートを選ぶことが必要)。X マーク表示金物は CLT パネル工法用金物規格のため、基本的にはルート 1 で利用する。木造軸組工法用の Z マーク表示金物よりも強度が高く、3 階建て以下の木造建物には十分な機能があると言える。

2) クロスマーク表示金物で対応できないケース

3 階建てよりも高く複雑形状の中大規模木造建築にはクロスマーク金物で対応できないケースもある。また、X マーク表示金物は CLT パネル表面に鋼板添え板＋ビス打ち仕様となっており、パネルの室内外現し仕様や燃えしろ設計には非対応である。

このように既存の接合金物だけで設計するのが困難な場合は特注品（＝製作金物あるいは建築金物）を使用することとなる。クロスマーク表示金物の認定メーカーの中でも特注の製作金物に対応する会社とそうでない会社があるため注意が必要である。

表 76 クロスマーク金物を製造する事業者（承認取得者）一覧（※2020 年時点）

事業者	引張金物	せん断金物	L 形金属	帯金物	両ねじボルトセット	丸座金	角座金	四角穴付きタッピンねじ	ドリフトピン
ヤブモト工業（株）	●	●	●	●	—	●	●	—	—
山菱工業（株）	●	●	●	●	—	●	●	—	●
（株）タナカ	●	●	●	●	●	●	●	—	—
高山金属工業（株）	●	●	●	●	●	●	●	—	—
コンドレーテック	—	—	—	—	—	—	—	●	—
（株）タツミ	●	●	●	●	●	●	●	—	—
（株）徳永	—	●	—	—	—	—	—	—	●

(3) CLT パネル同士、CLT と非木質材料の接合技術を用いた事例

1) CLT パネル同士の接合の例

CLT パネル同士を接合して大判にして利用している事例がある。面材としての特徴を活かした活用方法であり、等方性大断面部材の参考になりうることから、以下の事例を整理する。

三菱地所株式会社、株式会社日建設が担当した沖縄県の下地島空港の例では、屋根に複数の CLT パネルを接合した大判の面材を用いている（林野庁実証事業を活用）。屋根には、強軸方向を二方向で重ねるように CLT を二段に重ねて配置したフラットスラブ構造

を用いており、この際の面内方向接合部には、接合金物が概観で見えないように鉄筋を用いた接着接合（GIR 接合）を採用している。

(写真削除)

図 85 下地島空港の CLT パネルを用いた屋根イメージ

(出所) 下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業 (https://cltjishou.org/cgi-data/data/10005/205_hokoku/doc/100000000084-3-1633914002.pdf) より転載

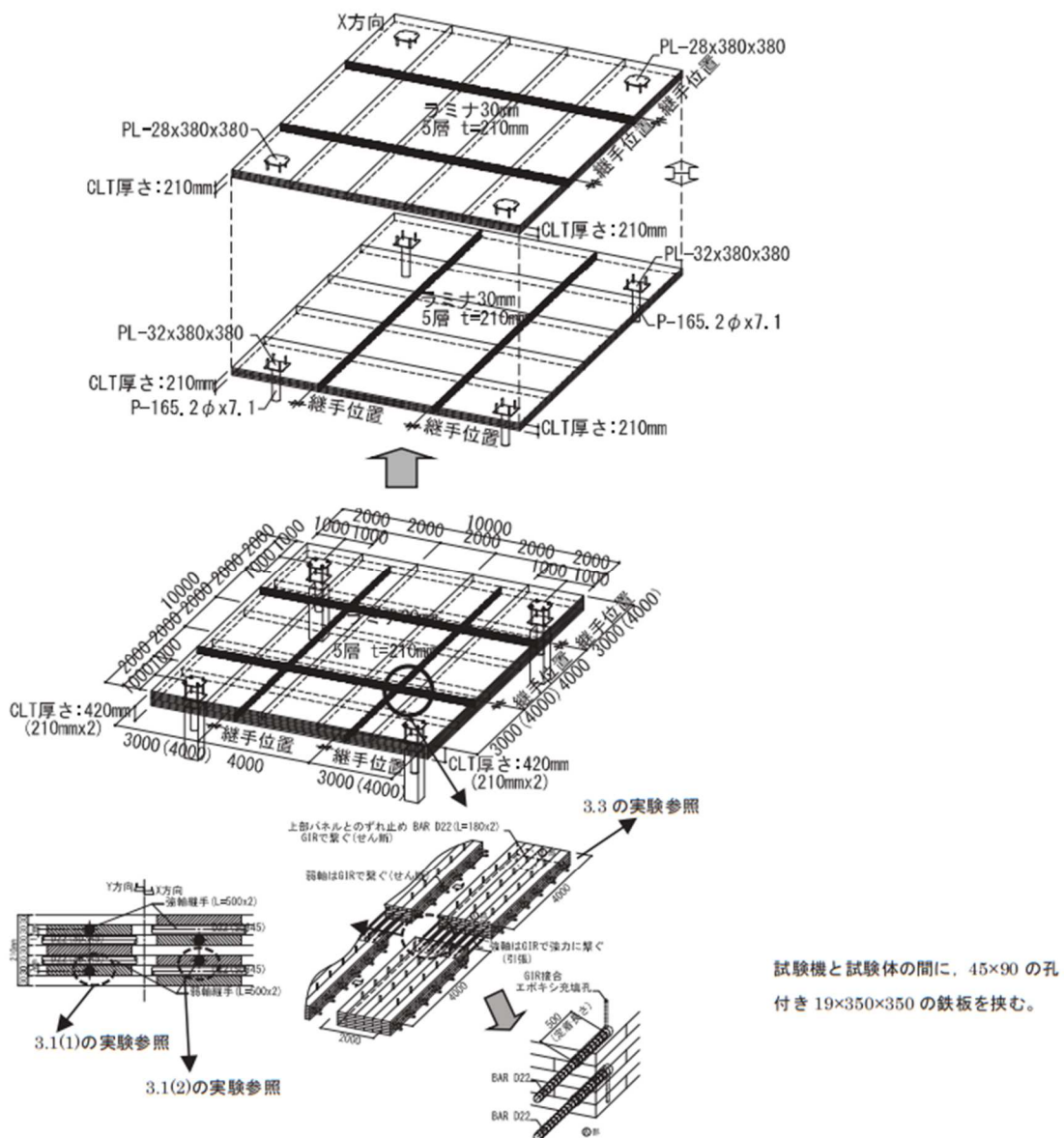


図 86 CLT フラットスラブ構造の構成概念図

(出所) 下地島空港旅客ターミナルビル新築工事の実証事業 (https://cltjishou.org/cgi-data/data/10005/205_hokoku/doc/100000000084-3-1633914002.pdf) より転載

株式会社中東は、自社の CLT・集成材組み立て工場を CLT を活用した木造構造で施工している（林野庁実証事業を活用）。現場での施工を短縮するため、あらかじめ地組みした幅 6.4m×高さ 8m の CLT パネル（CLT 耐震壁＋外壁下地せっこうボード＋透湿防水シート＋開口部）を用いて、柱の間に建てこむ方式を採用している。結果として約 3 週間の工期短縮を達成した。接合には GIR 接合を用いた結果、CLT パネルと架構の柱の外面を合わせることも可能となり、金物の費用と取り付け手間の削減にもつながった。なお、表 77 に示す通り、工事費は他の工法と比較して最も高い結果となった。

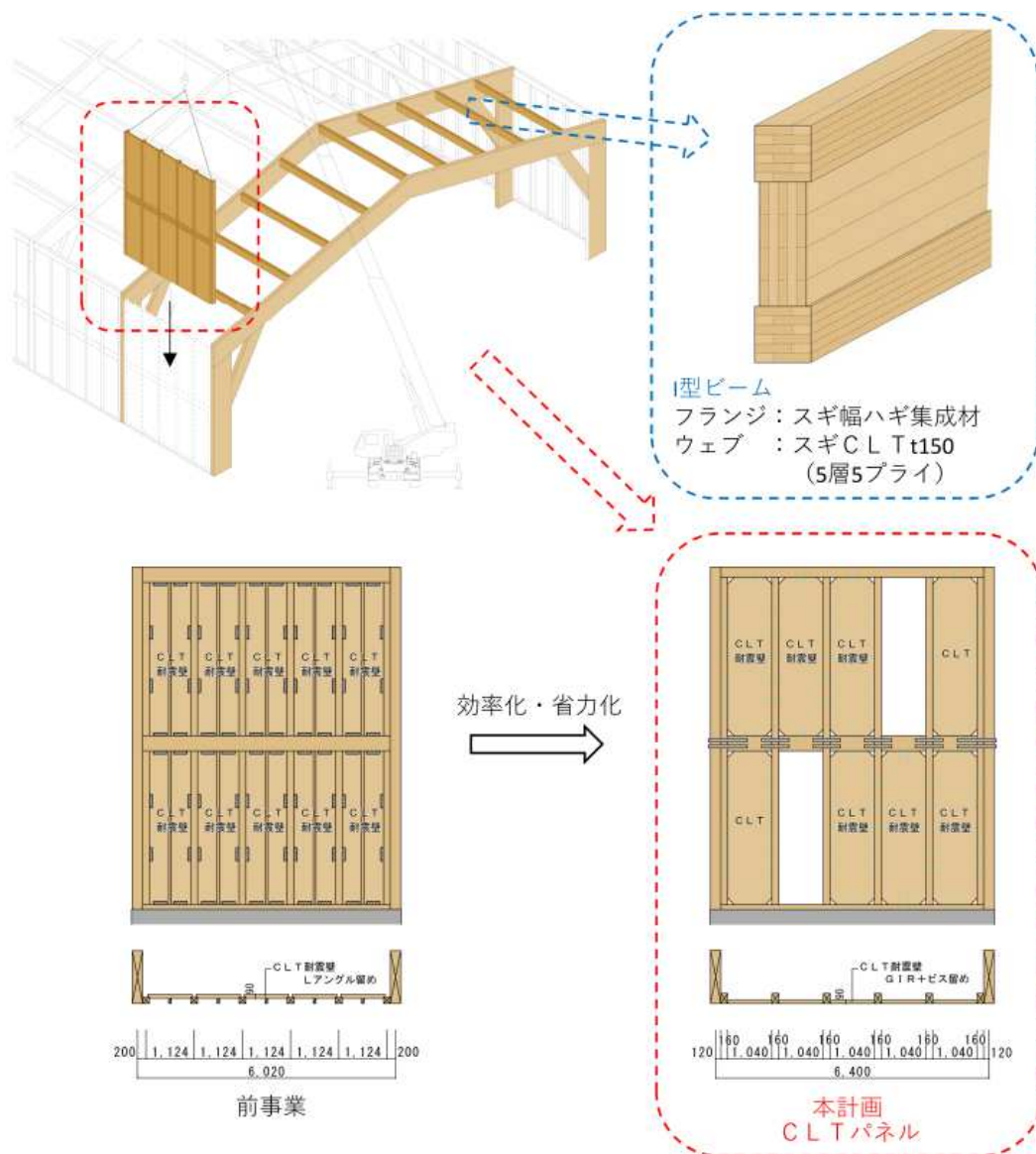


図 87 GIR 接合による大判 CLT パネルを用いた施工イメージ

（出所）「（株）中東 CLT・集成材組み立て工場新築工事の建築実証」（https://cltjishou.org/cgi-data/data/10008/205_hokoku/doc/100000000048-3-1633909564.pdf）より転載

(写真削除)

図 88 あらかじめ地組された CLT パネル（左上）と施工現場の様子

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」(令和 2 年 3 月)より転載

表 77 実証事業におけるコスト比較結果 (いちばん左が今回実証の結果)

工種	項目	A 本事業：集成材軸組+CLT 型 (パネル化)				B 前事業：集成材軸組+CLT 型				C 既存型：集成材軸組+筋交い+間柱+PB				D 鉄骨造：鉄骨+筋組+PB			
		数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額
木工事	集成材	320	m3	240,000	76,800,000	350	m3	240,000	84,000,000	350	m3	240,000	84,000,000	-			
	壁CLT：CLT梁	171	m3	200,000	34,200,000	127	m3	220,000	27,940,000	-	m3			-			
	筋交い	-				-				16	m3	240,000	3,840,000	-			
	間柱	-				-				16	m3	120,000	1,920,000	-			
鉄骨工事	柱梁	-				-				-				300	t	300,000	90,000,000
	筋組	-				-				-				1,152	m2	6,000	6,912,000
仕上げ	PB貼り	0				500	m2	2,500	1,250,000	1,652	m2	2,500	4,130,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
	内部足場	0				500	m2	1,500	750,000	1,652	m2	1,500	2,478,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
小計					111,000,000				113,940,000				96,368,000				100,368,000
基礎工事	鉄筋	58.4	t	114,000	6,657,600	61.5	t	114,000	7,011,000	61.5	t	151,200	9,298,800	73.8	t	151,200	11,158,560
	コンクリート	556	m3	18,230	10,135,880	585	m3	18,230	10,664,550	585	m3	19,750	11,553,750	702	m3	19,750	13,864,500
	型枠	503	m2	5,100	2,565,300	528	m2	5,100	2,692,800	528	m2	6,340	3,347,520	634	m2	6,340	4,019,560
小計					19,358,780				20,368,350				24,200,070				29,042,620
合計					130,358,780				134,308,350				120,568,070				129,410,620
坪単価 (主に構造体)					226,711				222,734				199,947				214,611

※単価見直しの上、コスト比較

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」(令和 2 年 3 月)

2) CLT と非木質材料の接合事例

三菱地所株式会社が施主である「Parkwood 岩本町」は、CLT を構造材として採用した 8 階建て事務所ビルである。この建築物では床に CLT、梁に鉄骨を用いているが、両者を接合する技術として加工の少ない方法を開発・採用し、金物のコスト及び施工費の削減を実現している。

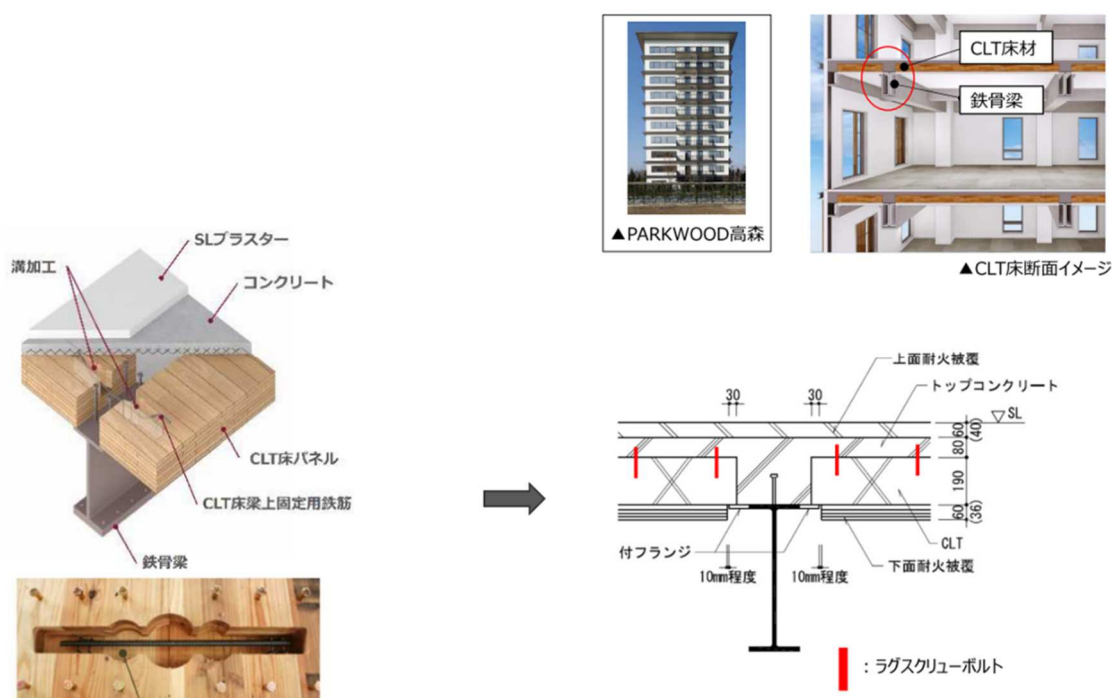


図 89 Parkwood 岩本町で採用された CLT 床と鉄骨梁の接合技術

(出所)「令和 2 年度中大規模木造普及シンポジウム事例報告会 サステナブル建築物等先導事業 (木造先導型) 事業概要」(https://yuryo-mokuzou.mlit.go.jp/02/casepresentation/pdf/r02_7.pdf) より転載

1.2.3 施工実績

(1) CLT を用いた建築物 (国内での建築規模として主流なもの)

① 事務所「三東工業社信楽本店」(1 階建て、CLT 使用量 10~150 m³)

CLT が構造材として利用 (パネル工法、床・壁・屋根利用) されている事例。CLT 利用量は 95.2 m³。竣工は平成 29 年 1 月。CLT パネル工法に関する建築基準法告示に則った日本初の建築確認済証交付建物。CLT パネルは全てびわ湖材を使用した滋賀県初の建築物。施工者は(株)坂田工務店、設計者は加藤淳一建築設計事務所、材料 (CLT) 納入者は銘建工業である。

(写真削除)

図 90 三東工業社信楽本店

(出所) 日本 CLT 協会 HP より転載 (https://clta.jp/case/detail/035_santoshigaraki/)

② 診療所（歯科）安芸やまもと歯科（2 階建て）

CLT が構造材として部分利用（壁・床・天井として利用）されている事例。CLT 利用量は 40.8 m³ である。令和 3 年 11 月竣工。設計者は（有）艸建築工房+桜設計集団一級建築士事務所、施工者は（株）龍建設、材料（CLT）納入者は銘建工業である。

(写真削除)

図 91 安芸やまもと歯科

銘建工業株式会社ホームページより転載 (<https://www.meikenkogyo.com/works/2035/>)

(2) 低層階において CLT 利用量が多い事例

① 共同住宅「復興公営住宅北沢又団地」・共同住宅「復興公営住宅磐崎団地（北）」

CLT がパネル工法に利用されている事例。それぞれ 2,132.8 m³、2,295.2 m³ の CLT が用いられている。両者ともに 3 階建て。復興公営住宅北沢又団地の 5 号棟は平成 28 年 11 月に建築工事に着手され、平成 29 年 2 月に完成した。東日本大震災の被災者が入居する住宅として建設されたもので、福島県による整備である。富士コンサルタンツ株式会社⁴³ が宅地造成のために地形測量、設計を実施し、藤田建設工業株式会社により施工された。

(写真削除)

図 92 北沢又団地（5 号棟）

(出所) 福島県ホームページより転載 (<https://www.pref.fukushima.lg.jp/site/portal/ps-fukukoukoueigenba036.html>)

② みやこ下地島空港旅客ターミナルビル⁴⁴

CLT が構造材として壁、屋根に部分利用されている事例。1,517.6 m³ の CLT が用いられている 1 階建て建築物である。CLT の利用に対しては、林野庁の森林・林業再生基盤交付金制度を活用しており、沖縄県が定める地域材（沖縄県内で流通する県産又は九州産材等）を使用して、地域の森林・林業再生への貢献を目指している。三菱地所株式会社が開発を進めたもので、施工者は株式会社國場組・株式会社大米建設共同事業体、CLT 工事は山佐木材株式会社が実施。設計者は株式会社日建設⁴⁵。

⁴³ 参考：復興公営住宅造成（北沢又） (<https://www.fuji-c.co.jp/performance/376.html>)
福島建設工業新聞 (<https://www.news-r.jp/news/upfile/1537120171019.pdf>)

⁴⁴ 参考：取り組み | みやこ下地島空港ターミナル (<https://shimojishima.jp/torikumi/>)

⁴⁵ 参考：沖縄県・下地島空港の旅客ターミナル施設が竣工 (https://shimojishima.jp/wp-content/themes/shimoji-airport/pdf/190318PressRelease_final.pdf)

(写真削除)

図 93 みやこ下地島空港旅客ターミナルビル

(出所) 令和元年度木材利用優良施設コンクール受賞施設の概要より転載

(https://www.jcatu.jp/commendation/files/11_file1.pdf)

③ 介護老人保健施設「八祥苑」⁴⁶

CLT が構造材として用いられている事例（CLT パネル工法（大版パネル架構））。546.82 m³の CLT が用いられている。大版パネルの比率が増えることによって、小版パネル加工と比較してコストを下げた。施工者は松島・松下建設工事共同企業体、設計者は㈱太宏設計事務所（意匠・構造）、弦設備設計事務所（設備）である。

(写真削除)

図 94 介護老人保健施設 八祥苑

(出所) 日本 CLT 協会 HP より転載 (<https://clta.jp/case/detail/介護老人保健施設-八祥苑/>)

(3) 高層建築に CLT が用いられている事例

① 岐阜県新庁舎（21 階建て）

CLT が内装材（非構造材、建具方立）として部分利用されている事例。CLT 利用量は 33.5 m³である。令和 4 年 12 月竣工。設計者は日建設計、大建設計、岬建築事務所 J V、施工者は前田・大日本・T S U C H I Y A・岐建 J V。隈研吾氏がアドバイザーを務めた⁴⁷。行政棟の規模は鉄骨造、免震構造（一部耐震）で地上 21 階塔屋 2 階、延べ床面積は 68,329 m²。建設工事費は 414 億円。議会棟は鉄骨造、耐震構造で地上 6 階建て、延べ床面積は 13,929 m²。建設工事費は 82 億円。

(写真削除)

図 95 岐阜県新庁舎（展望ロビー）

(出所) 岐阜新聞デジタルより転載 (<https://www.gifu-np.co.jp/articles/-/173767>)

⁴⁶ 参考：介護老人保健施設 八祥苑 (https://clta.jp/wp-content/uploads/2019/01/CLT_No.111-114.pdf)

⁴⁷ 参考：[岐阜県 新庁舎が竣工 | 建設ニュース 入札情報、落札情報、建設会社の情報は建通新聞社](#)

② 長崎市新庁舎⁴⁸（19 階建て）

CLT が構造材として部分利用（壁）されている事例。CLT 利用量は 300.0 m³ である。令和 4 年度竣工。施工は清水建設・西海・長崎土建 JV、設計は山下設計・建友社設計・有馬建築設計事務所 JV。敷地面積 6,710.30 m²、建築面積 4,022.69 m²、延床面積 51,747.66 m²。

③ 共同住宅／「プラウド神田駿河台」⁴⁹

CLT が構造材として部分利用（12～14 階耐震壁として利用）されている事例。CLT 利用量は 5.9 m³ である。令和 3 年 3 月竣工。野村不動産が建築主として事業を企画し、竹中工務店が設計と施工を実施。柱・壁など構造部に国産木材を使用した木質系構造部材を使用し、また、内装材にも国産木材を使用することで、森林資源の循環による地球環境維持への貢献と居住者の健康増進に寄与する居住空間の提供を目指す。CLT 製造者は山佐木材株式会社⁵⁰。日本初の「分譲集合住宅」としての 14 階建て木造ハイブリット高層建築である。

(写真削除)

図 96 プラウド神田駿河台

(出所) ウッドデザイン賞 受賞作品データベースより転載

1.3 CLT 材及び CLT 工法に関する動向

1.3.1 告示等の変遷

(1) JAS 規格（直行修正版の日本農林規格、農林水産省告示 3079 号）

2013 年（平成 25 年）、直行修正版の日本農林規格（告示第 3079 号）によって、直行集成材の名称で CLT の材料品質について規格が定められた。ラミナ構成 6 種に対し、異等級構成・同一等級構成の 2 種があり、それぞれに対して再外層の橋軸方向曲げヤング係数と曲げ強さが規定されている。

なお、JAS 規格の制定以前より、一部の CLT メーカーによる開発が進められており、規格が規定されることにより、部材としての確立へ向けて前進することとなった。

⁴⁸ 参考：長崎市 | 長崎市新庁舎建設実施設計（計画概要、建築計画）
(<https://www.city.nagasaki.lg.jp/syokai/792100/792111/p032698.html>)

⁴⁹ 参考：日本初質系構造部材を使用した高層分譲マンション「プラウド神田駿河台」発表 (<https://www.nomura-re.co.jp/cfiles/news/n2020022701674.pdf>)

⁵⁰ 参考：ウッドデザイン賞 受賞作品データベース (<https://www.wooddesign.jp/db/production/1579/>)

(2) CLT 製造に係るラミナに関する技術的基準の規定

2016 年（平成 28 年）、（特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件（国土交通省告示第 562 号（最終）平 13 国交告示第 1024 号）によって、材料（ラミナ）の強度等に関する技術的基準が設けられ、CLT の基準強度の算出方法と算出に際して必要となるラミナの強度が定められた。ラミナの強度は機械等級区分された M60A、M60B、M30A、M30B の 4 種類について強度が定められ、ヤング率・曲げヤング係数の上限を定めないラミナが A、上限値を定めるラミナが B にあたる。また、目視による等級区分は一等、二等として示される。基準強度を算出する前提として、小角材をラミナに使用していないこと、ラミナの厚さが 12～36mm 以下であること、CLT の幅・長さが 36cm 以上であることが想定されている。

(3) CLT の品質基準の規定

建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びに、これらの建築材料が適合すべき日本工業規格又は日本農林規格及び、品質に関する技術的基準を定める件（国土交通省告示第 561 号（最終）平 12 国交告示第 1446 号）によって、CLT が指定建築材料に加えられた。これにより、JAS 規格に該当しない CLT についても、定められた品質基準を満たし国土交通大臣の認定を受けることで、建築物への使用が可能となった。

(4) CLT パネル工法の技術的基準の規定

CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める件（国土交通省告示第 611 号）によって、CLT パネル工法について規定がなされた。規定が設定された当時は新しい工法のため、厳しい基準が設けられた。告示の全体構成としては、適用範囲・材料・土台・床板・壁等・小屋組等・亡父措置・ルート 3 計算・ルート 2 計算・ルート 1 計算・耐久性など関連規定の指定・第 36 条第 2 項第一号の規定に基づく技術的基準の指定の 12 項目から構成されている。

また、建築基準法施行令第 81 条第 2 項第一号イ同項第二号イ又は同条第 3 項に規定する国土交通大臣が定める基準に従った構造計算により CLT パネル工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の安全性を確かめた場合の構造計算書を定める件（国土交通省告示第 612 号）においては、CLT パネル工法を用いた建築物等の構造計算書の内容が構造計算ルートごとに規定され、611 号と併せて CLT パネル工法の実用化に向けた規定が設けられた形である。

(5) CLT パネル工法と他構造の併用、枠組壁構法の CLT 水平構面

建築基準法施行令第 36 条の 2 第五号の国土交通大臣が指定する建築物を定める件（国土交通省告示第 791 号（最終）平 19 国交告示第 593 号）、枠組壁工法又は木質プレハブ工法を用いた建築物又は建築物の構造部分の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める件（国土交通省告示第 867 号（最終）平 13 国交告示第 1540 号）により、2×4 工法の床版と屋根版に CLT を用いる事が可能となった。

(6) 燃えしろ設計

準耐火構造の構造方法を定める件（国土交通省告示第 564 号（最終）平 12 建告示第 1358 号）、主要構造部を木造とすることができる大規模の建築物の主要構造部の構造方法を定める件（国土交通省告示第 563 号（最終）平 27 国交告示第 253 号）によって、各準耐火構造（荷重指示部材）の燃えしろ寸法と条件が定められた。

表 78 燃えしろ寸法と条件

接着剤の種類	準耐火構造		ラミナ厚
	45 分	60 分	
フェノール樹脂等	3.5cm	4.5cm	12mm 以上
上記以外	4.5cm	6.0cm	21mm 以上

（出所）CLT の関連告示について（一般社団法人日本 CLT 協会）
(https://www.gbrc.or.jp/assets/documents/gbrc/GBRC171_k072.pdf) より MURC 作成

2. Mass Ply Panel (MPP)

2.1 建築材料としての特性

2.1.1 製法、サイズ・製品メニュー

(1) 製法

MPP の製造プロセスは以下の通り。

- ダグラスファーを原料に、1/8 インチ（約 0.3cm）の単板を 9 枚積層・圧縮して 1 インチ（約 2.5cm）の LVL を製造。この一次結合には、フェノールホルムアルデヒド樹脂を使用したホットプレスが採用されている。
- ベースとなる 1 つの LVL の大きさは 4 フィート×8 フィート×厚さ 1 インチ（約 1.22m×2.44m×2.5cm）である。より大きな面を作るためにベースの LVL はスカーフジョイント（接着面を互いに傾斜させることで断面積を大きくし強度を確保する接合方法）される。
- LVL を直交するかたちで貼り合わせることで、MPP が製造される。貼り合わせる際、LVL パネルの接合部分が重ならないようにずらしている。LVL 同士の結合（二次結合）には、メラミンホルムアルデヒド樹脂を使用したコールドプレスが採用されている。

(写真削除)

図 97 MPP の製造工程

(出所) Freres Wood 動画「From Forest to Frame: The Mass Ply Panel Journey」
(<https://www.youtube.com/watch?v=0dUocttPqUs>) よりキャプションを転載

(2) サイズ・製品メニュー

- MPP は最大で幅 11 フィート 10 インチ（約 3.6m）、長さ 48 フィート（約 14.6m）の大きさで生産可能。
- 厚さは 2～12 インチ（約 5cm～30.5cm）まで、1 インチ刻みで製品メニューがある⁵¹。12 インチ（約 30.5cm）の MPP には 108 枚の単板が積層されている。
- 構造の異なる 2 つの等級（グレード）の製品がある。
 - F16 等級：特定の方向での LVL の貼り合わせを多くしたグレード。主力方向スパンが重要となる場合に使用される。
 - F10 等級：直交方向に比較的均等に貼り合わせられたグレード。主力方向のスパンがいくらか失われる一方で、副力方向の性能を担保する。双方向スパンが

⁵¹ 参考まで、柱や梁に利用される MPL は 24 インチ（約 61cm）までの製品メニューがある。

望ましい場合に使用される。

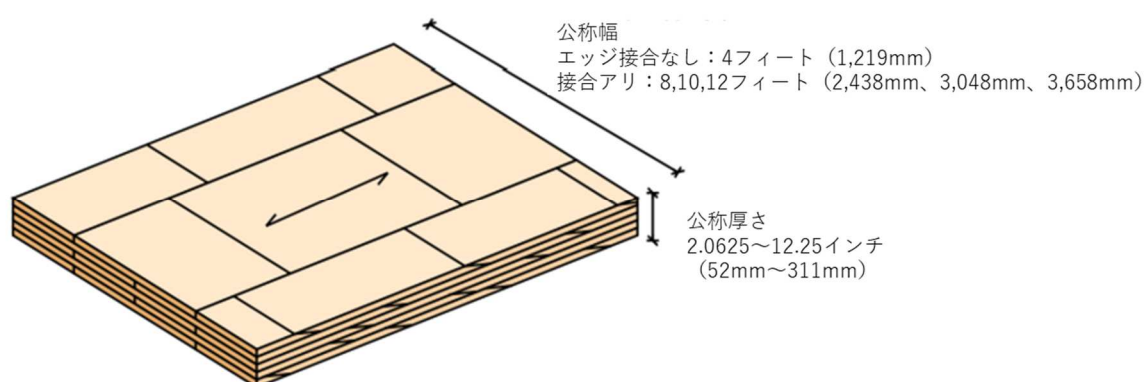
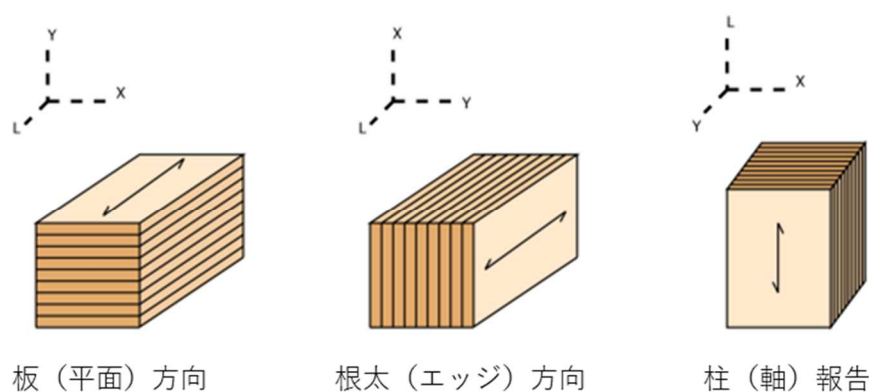


図 98 典型的な MPP の形状

(出所) APA レポート「ESR-4760」より転載のうえ一部改変 (和訳)



層	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
厚さ (インチ)	2.04	3.06	4.08	5.10	6.12	7.14	8.16	9.18	10.20	11.22	12.24	
厚さ (mm)	51.82	77.72	103.6	129.5	155.5	181.4	207.3	233.2	259.1	285.0	310.9	
層	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
厚さ (インチ)	13.26	14.28	15.30	16.32	17.34	18.36	19.38	20.40	21.42	22.44	23.46	24.48
厚さ (mm)	336.8	362.7	388.6	414.5	440.4	466.3	492.3	518.2	544.1	570.0	595.9	621.8

色の分類 F10, F16, F16A対応の厚さ F16, F16A対応の厚さ F16対応の厚さ

図 99 グレード別の MPP 及び MPL の方向と厚さ

(出所) APA レポート「ESR-4760」より転載のうえ一部改変 (和訳)

2.1.2 規格

Freres 社の MPP は、CLT として「ANSI/APA PRG 320」の認証を受けている。ANSI/APA PRG 320 は米国規格協会 (ANSI) 及び APA エンジニアード・ウッド協会 (APA) が開発した基準「Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber」であり、CLT の製造に関する要件や定性的・定量的品質要件を規定している (最新は 2020 年 1 月発行の PRG320-

2019、但し現在は失効している⁵²⁾。なお、原料の LVL は「ASTM D5456」(Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber) の規格に準拠している。

(参考) APA エンジニアード・ウッド協会 (APA) について

APA エンジニアード・ウッド協会は、米国ワシントン州に本部を置く、エンジニアード・ウッド製品（構造用合板、OSB、構造用複合パネル、集成材、LVL 等）のメーカー企業を会員とする非営利団体。1933 年にダグラスファー合板協会として発足し、1964 年に米国合板協会（APA）に改称、製品の多様化に伴い 1994 年に APA エンジニアード・ウッド協会に再度改称した。北米（米国・カナダ）の 150 を超えるメーカーが会員となっており、Freres 社も会員である。

APA の主要事業は、①新製品の認定、②製品の性能基準の保持・開発及び試験、③企画や基準に関する政府機関の連絡窓口、④製品の広報（展示会）・促進、⑤技術セミナー等の教育である。エンジニアード・ウッド製品の基準の策定や、会員企業が生産する各種木材製品の品質担保のための評価レポート等を実施している。

また、APA は、我が国農林水産省が認定する、カナダ産 OSB を含むエンジニアード・ウッド製品の JAS 認定機関（ROCB：登録外国認定機関）でもある。

2.1.3 物性

上述の原料である LVL の規格「ASTM D5456」及び製品としての CLT の基準「ANSI/APA PRG 320」に基づき、Freres 社は、構造・耐火・音響・試験の安定性について製品試験を実施している。さらに、オレゴン州立大学、Tallwood Design Institute 社等と連携し、さらなる要求水準を満たす設計値を確立する取組も実施している。そのための試験項目には、地震荷重、留め具性能、衝撃荷重、耐爆性、弾道、音響、耐火が含まれる。

APA が発行している MPP の製品レポート（PR-L325）には、パネルの構造値が規定されている（下表）。

⁵²⁾ (参考) <https://www.apawood.org/ansi-apa-prg-320>

表 79 MPP の許容応力設計基準値 (米国向け)

MPP Grade	Layup ID	Thickness, t_p (in.)	Major Strength Direction				Minor Strength Direction			
			$(F_oS)_{eff,1.0}$ (lb-ft/ft)	$(E)_{eff,1.0}$ (10^6 lb-ft-in. ² /ft)	$(GA)_{eff,1.0}$ (10^6 lb/ft)	$V_{s,0}$ (lb/ft)	$(F_oS)_{eff,1.90}$ (lb-ft/ft)	$(E)_{eff,1.90}$ (10^6 lb-ft-in. ² /ft)	$(GA)_{eff,1.90}$ (10^6 lb/ft)	$V_{s,90}$ (lb/ft)
F16	F16-2	2-1/16	1,110	16	0.82	2,190	75	0.47	0.03	695
	F16-3	3-1/16	1,870	51	1.2	2,190	225	4.6	0.28	695
	F16-4	4-1/16	3,325	122	1.6	2,925	510	16	0.41	930
	F16-5	5-1/8	5,200	238	2.1	3,650	910	37	0.55	1,160
	F16-6	6-1/8	7,500	410	2.5	4,375	1,420	72	0.69	1,390
	F16-7	7-1/8	10,200	652	2.7	5,100	1,690	93	0.75	1,630
	F16-8	8-3/16	13,325	973	3.0	5,825	2,300	148	0.88	1,860
	F16-9	9-3/16	16,850	1,385	3.4	6,575	3,000	221	1.0	2,090
	F16-10	10-3/16	20,825	1,900	3.8	7,300	3,800	315	1.1	2,320
	F16-11	11-1/4	25,175	2,529	4.2	8,025	4,700	432	1.3	2,550
	F16-12	12-1/4	29,975	3,283	4.6	8,750	5,675	575	1.4	2,775
F10	F10-2	2-1/16	670	7.3	0.38	1,280	170	2.2	0.11	650
	F10-3	3-1/16	1,510	25	0.58	1,530	585	12	0.40	980
	F10-4	4-1/16	2,675	58	0.77	2,030	1,320	39	0.60	1,310
	F10-5	5-1/8	4,200	114	0.96	2,550	1,580	74	0.61	1,640
	F10-6	6-1/8	6,050	197	1.2	3,050	2,470	144	0.76	1,960
	F10-7	7-1/8	8,225	312	1.3	3,550	3,550	249	0.91	2,290
	F10-8	8-3/16	10,750	466	1.5	4,075	4,475	291	1.1	2,625
	F10-9	9-3/16	13,600	664	1.7	4,575	5,825	434	1.2	2,950
	F10-10	10-3/16	16,775	910	1.9	5,075	7,375	618	1.4	3,275
	F10-11	11-1/4	20,300	1,212	2.1	5,600	9,100	848	1.5	3,600
	F10-12	12-1/4	24,175	1,573	2.3	6,100	11,025	1,129	1.7	3,925

For SI: 1 in. = 25.4 mm; 1 ft = 304.8 mm; 1 lbf = 4.448 N

(出所) APA レポート「APA PR-L325」より転載

表 80 MPP 及び MPL の留め具設計の等価比重 (米国向け)

等級	等価比重 (ESG)					
	くぎ及び木ねじ				ボルトトラグスクリュー	
	引抜荷重		横荷重		横荷重	
	端面への 取付	板面への 取付	端面への 取付	板面への 取付	板面への取付	
					木目と平行	木目と垂直
F21	0.49	0.50	0.49	0.60	0.54	0.59
F19	0.40	0.50	0.49	0.59	0.52	0.63
F16A、F16	0.42	0.50	0.41	0.62	0.42	0.63
F10	0.42	0.50	0.34	0.58	0.41	0.63

(出所) APA レポート「APA PR-L325」

MPP のアピールポイントとしては、以下が主張されている。

- 多数の単板を積層することにより、節などの欠陥の影響が効果的に分散され、軽減される
- LVL 積層数の柔軟性が高いため、構造的にも経済的にも最適なサイズを製造できる
- 単板を高密度積層しているため高い断熱性を有する
- 単板は桂剥きで製造され、小径で成長の早い樹木から様々な長さで製造できるため、より大きなサイズの製品を製造するために大きな樹木を使用する必要がない
- 木造構造物は火災の懸念から、通常は 4 階建てまでに制限されている。一方で MPP

は炭化率が予測可能なため、国際建築基準（IBC）の次期バージョンで予想される 18 階建てまでの木造構造が可能になりうる

2.1.4 コスト情報

Freres 社が自社の用具倉庫（1 階建て、床面積 6.20 平方フィート（約 559m²））を MPP を用いて建てた事例に基づく、材料費、施工費は下表の通り。

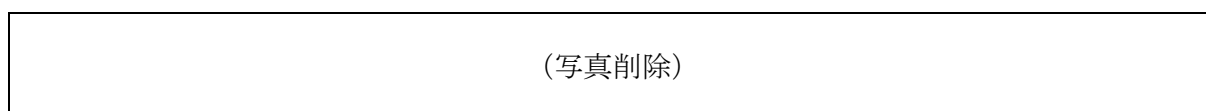


図 100 1 階建て MPP 製木造倉庫の概観（施工中）

（出所）Freres 社ウェブサイト（<https://frereswood.com/project/timber-storage-building/>）より転載

表 81 1 階建て MPP 製木造倉庫の材料費・施工費

費目	単位面積当たり費用 [米ドル/m ²]	建物 1 棟当たり費用 [米ドル]
木材材料費（全て MPP）	318.4	178,072
その他材料費（断熱材、ハードウェア、消耗品）	228.52	127,805
現場準備、スラブ、基礎工事費	202.25	113,116
組み立て・防水工事費（スチールサイディング）	146.93	82,173
計	896.10	501,165

（注）木材使用量は不明

（出所）Freres 社ウェブサイト（<https://frereswood.com/project/timber-storage-building/>）より作成

2.1.5 取扱い、施工に際しての留意事項

MPP 製品の取り扱いについては、以下の留意事項が示されている。

【保管に際しての留意事項】

- パネルは平らな場所、通気性が確保された場所に保管する
- パネルを地面から 6～12 インチ（約 15～30cm）離して保管する
- 高品質の防水シートで覆い、雨・雪・日光・紫外線及び機械的損傷から保護する

【建築物の温度を上げる際の留意事項】

- 2～3 週間かけて建物内の温度を徐々に通常の温度まで上げ、MPP 内の水分含有量が急激に変化しないように留意する
- 強制空気システムで MPP を直接加熱してはならない
- 天井の温度が華氏 100 度（約 38℃）を超えないように空調システムで制御する
- 熱を加える前に MPP に最終仕上げ加工を行うことが推奨される

施工に際しての MPP 同士の接続には、従来の木材の接合方法を使用できるとしている。

MPP は鉄道又はトラックで輸送される。Freres 社の MPP 製造施設には鉄道積載設備が

備えられており、長距離輸送用に鉄道車両に積載することが可能である。

(写真削除)

図 101 MPP の製造・輸送の様子

(出所) 動画「1510 Webster: An All-Around, Mass Timber FIRST!」(<https://www.dci-engineers.com/blog/1510-webster-street-an-all-around-mass-timber-first>) よりキャプションを転載

接続方法については、以下の通り、床面として大断面を作る時の接合方法と、床と壁として MPP を用いて接合するときの接合方法が示されている。

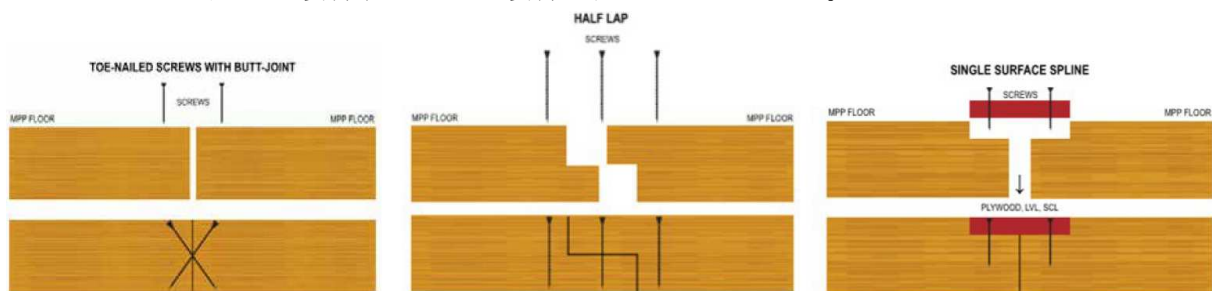


図 102 大断面の床面を作る際の接合方法

(左：ねじを交差させて接合する方法、中央：MPP に接合断面を加工してねじでつなぐ方法、右：合板や LVL で接合箇所を補強してねじでつなぐ方法)

(出所) Austin Basl 氏 (Freres Lumber Co., Inc.) 「Mass Plywood Panels: Designing with the Newest Mass Timber Structural Product」より転載

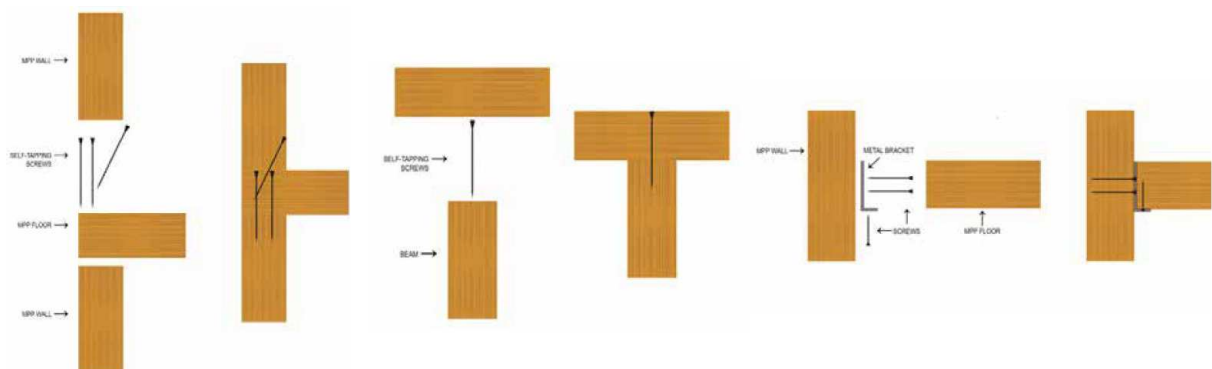


図 103 床と壁の MPP 材同士の接合方法

(左：ねじを複数方向に組み合わせて接合する方法、中央：壁面を床板の中央に設置してねじで接合する方法、右：金属の接合部材を用いてねじで接合する方法)

(出所) Austin Basl 氏 (Freres Lumber Co., Inc.) 「Mass Plywood Panels: Designing with the Newest Mass Timber Structural Product」より転載

(写真削除)

図 104 施工現場における MPP 同士、MPP と鉄骨の接合の例

(19 階建て集合住宅 oWOW 1510 Webster の施工現場の例)

(出所) 動画「1510 Webster: An All-Around, Mass Timber FIRST!」(<https://www.dci-engineers.com/blog/1510-webster-street-an-all-around-mass-timber-first>)、「The Future of Skyscrapers... WOOD?」(<https://www.youtube.com/watch?v=2rN-HqSoVBYY>) よりキャプションを転載

2.1.6 他の建築材料と比較した際の特徴

Feres 社のウェブサイトによると、以下の特徴・アピールポイントを有する。

【コンクリート・鉄骨との比較】

- MPP は再生可能原料である
- コンクリートや鉄鋼等の従来の建築材料よりも高い強度、耐火性を有し、体積当たりの重量は軽い
- CO₂ 排出量が小さい
- 美観に優れている
- 設置が非常に速いためコスト効率に優れている

【CLT との比較】

- 同等の強度を持つ MPP を、CLT の約 8 割の木材使用量で生産できる

MPP の特徴として、2.2 にも後述する通り、施工期間・コストを短縮できる点が強くアピールされている。ただしこれは、面材としての特徴であると考えられ、下記に示す通り、MPP のみならず CLT でも同様の効果が見出されている。

表 82 MPP 及び CLT を用いた木造建築物における強み（施工期間短縮）の発揮事例

建築物の名称 (所在)	oWOW 1510 Webster (米国カリフォルニア州)	Brok Commons Tallwood House (カナダ ブリティッシュ・コロンビア州)
主要な木材	Mass Ply Panel (MPP)	Cross Laminated Timber (CLT)
建物の概要	集合住宅 (236 室)	学生用宿舎 (400 人収容)
構造	【19 階建て木造ハイブリッド】 ・ コンクリートのコア構造の周りに MPP を使用する構造 ・ CLT と比較すると床の厚さは約 2.5cm (1 インチ) 薄くでき、柱の総数は 630 本削減	【18 階建て木造ハイブリッド】 ・ コンクリート基盤の上に 17 階建ての木造構造 ・ 床は CLT パネル (5 層)、柱は集成材 ・ 屋根は鉄骨梁と金属デッキ
施工期間短縮の効果	・ 1 週間に 2 フロアの組み立てが可能 ・ 約 12m×3m×13cm のパネルを 15 分で設置可能。約 80,000m² の床と天井を 4 時間で設置可能	・ 部材 (床材) が現場に到着してから 70 日以内に完成 ・ 一般的な同程度の規模の建物と比較して約 4 カ月の施工期間短縮

建築物の 名称（所在）	oWOW 1510Webster （米国カリフォルニア州）	Brok Commons Tallwood House （カナダ ブリティッシュ・コロンビア州）
	・ 従来の RC 造の建築物の 2 倍 の施工速度	
出所 URL	https://frereswood.com/project/owow-1510-webster/ https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/case_study_1510_webster_01.2024.pdf	https://www.thinkwood.com/construction-projects/brock-commons-tallwood-house

2.1.7 他製品との差別化の取組

（1）特許の取得

Freres 社は、MPP 製造プロセスについて特許を取得している。

また、Mass Ply 製品（MPP 及び MPL）は、米国、カナダ、豪州、ニュージーランドで特許を取得しており、他国でも特許申請中である。

（2）APA 認定の取得

上述の通り、MPP は APA 認定（RPG320）を取得している。Freres 社は米国内で PRG320 の認定を受けた 3 番目の企業であり、MPP 及び MPL は現在市場に流通する同様の製品の中で唯一特許取得済みであるとしている。

2.2 施工実績

上述の通り、MPP は床、屋根、壁材として用いられる。以下に施工事例を示す。いずれの事例でも、施工期間の短さが最大のアピールポイントとされている。

（1）19 階建て集合住宅（米国カリフォルニア州）

米国の不動産企業 oWOW 社が設計・施工・管理する 19 階建てのコンクリート＋木材による複合ビルが MPP を用いて 2023 年末時点で建設中である。MPP を採用することによる利点として、以下が挙げられている。

- 1 週間に 2 フロアの組み立てが可能（RC 造の 2 倍の速度）で、時間及びコストを削減できる
 - 40 フィート×10 フィート×5 インチ（約 12m×3m×13cm）のパネルを 15 分で設置可能。6,000 平方フィート（約 80,000m²）の床と天井を 4 時間で設置可能
- 構造上の利点が得られ、材料費の削減に繋がる
 - 柱の間隔を広げ、本数を減らすことが可能。これによりレイアウトの自由度も向上
 - MPP の床板は厚さ 5 インチ（約 13cm）であった。同じ強度を CLT で求めると厚さ 7.625 インチ（約 19cm）となることから、MPP の方が薄くでき、その分だけ階数を重ねた際の高さを節約できる

- CO₂排出削減効果が得られる
 - 1 ヤード（約 0.91m）のコンクリートを 1 立法ヤード（約 0.76m³）の木材に置き換えると、約 2t/CO₂排出削減となる
- 重量が軽くなることで、耐震面で優位性を発揮
 - 1 平方フィート（約 0.09m²）あたりのコンクリートスラブ（7～8 インチ（約 18～23cm））の重量が約 100 ポンド（約 45kg）であるのに対し、同じ面を構成するのに MPP の重量は約 25 ポンド（約 11.3kg）である
 - 建物全体でも、コンクリートを MPP に置き換えたことで地震質量が 50%削減され、耐震面で有利

なお、同建物はカリフォルニア州の建築基準のうち高層建築基準 Type IV-A が適用されている。同基準では主要構造及び床、柱に 3 時間の耐火性能が必要であり、MPP を 3 層の乾式壁で覆い、木材を 1 時間炭化させることでこの性能を確保している⁵³。

⁵³ （補足情報）oWOW 社では、低層建築基準 Type IV-C や中層建築基準 Type IV-B に適合する建築物も建設中である。Type IV-C では木材を表しで使用することが可能



図 105 19 階建て集合住宅の完成イメージ図

(出所) Freres 社ウェブサイトより転載 (<https://frereswood.com/project/owow-1510-webster/>)

(2) 戸建て住宅およびガレージ（米国ワイオミング州）

年間 9 カ月間雪が降る地域において、施工期間を短縮し住宅建設を行うために、ゲストハウス及びガレージの壁と屋根に MPP を採用した建築が行われた。工場でプレカットされた MPP を現場に納入し、ゲストハウスとガレージの屋根を 4 時間で設置できた。また、雪の荷重に耐えられる点でも MPP が評価された。

(写真削除)

図 106 ゲストハウスの屋根設置状況

(出所) Freres 社ウェブサイトより転載 (<https://frereswood.com/project/peak-builders-ranks-freres-lumber-10-out-of-10/>)

III. 比較・総括

本項では、CLT をはじめとする木材及び木造建築物と、非木質の材料・建築物の比較を通じて、木材が競合製品と勝負しうる要素について分析を行う。

1. コストに関する分析

1.1 木造・木質化建築物と非木造建築物とのコスト比較事例

これまでわが国で実施されてきた実証事業等のデータより、木造と非木造を比較している事例の情報を収集・整理した。

1.1.1 【木造（大断面集成材 2 方向ラーメン構造+CLT 床版）と S 造の比較】会社事務所の例⁵⁴

- ・ 規模： 階数 4 階、延床面積 1,481.06m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 床、屋根
 - CLT の仕様： 210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A/スギ
 - CLT 使用量： 268.8m³（加工前製品量 271.3m³）
- ・ CLT 以外の木材使用量： 428m³

⁵⁴ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和元年度補正 CLT 建築実証事業 報告書」（令和 3 年 3 月）（<https://www.howtec.or.jp/files/libs/3618/202104011903523314.pdf>） p.142～

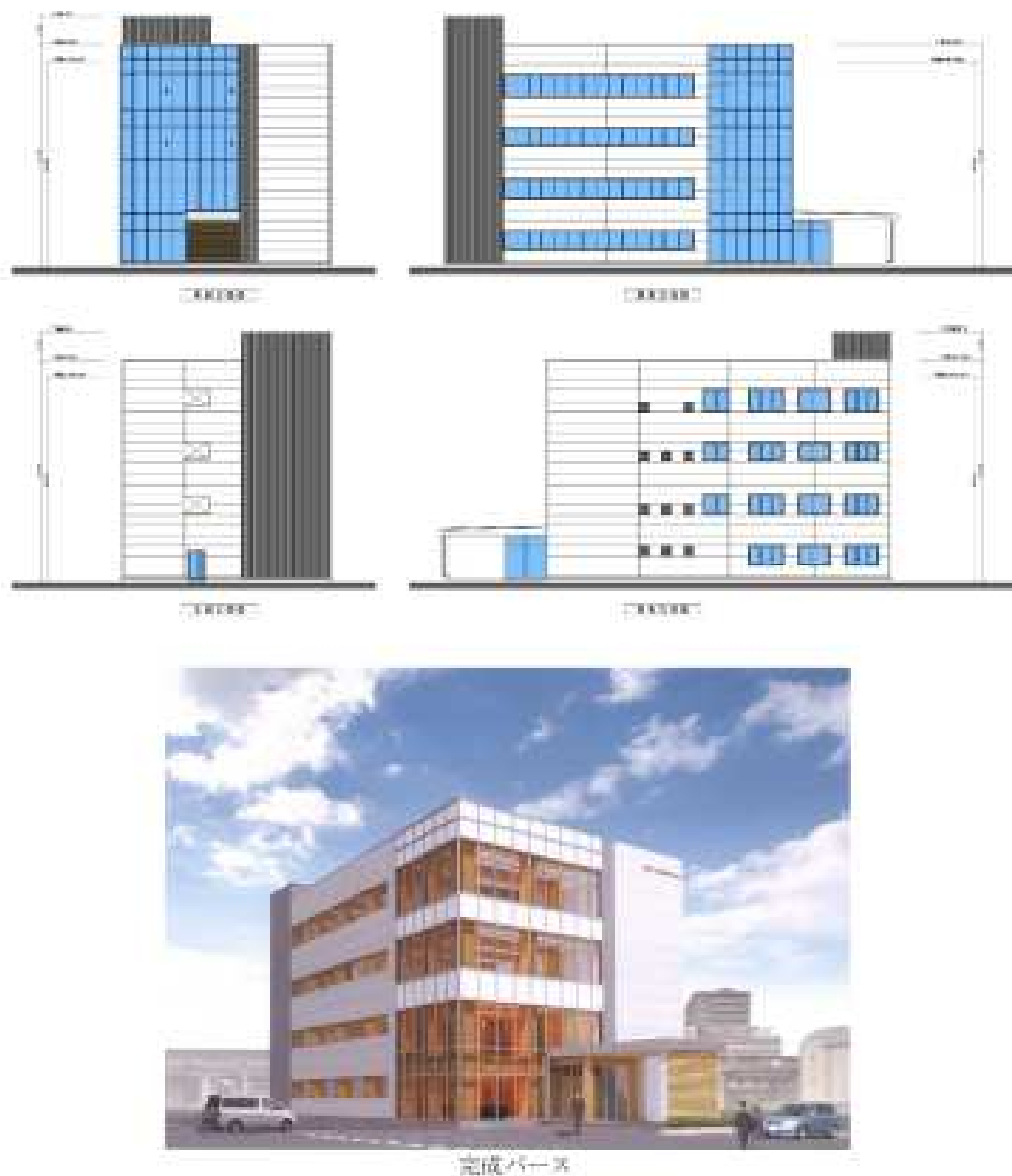


図 107 建物イメージ

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁令和元年度補正 CLT 建築実証事業報告書」(令和3年3月) p.145 より転載

- ・ コスト比較の概要： CLT 床版構造と、同規模程度の鉄骨床構造（デッキ+コンクリート）の比較を実施
 - 工数の比較

CLT 床版		鉄骨床構造	
作業内容	必要日数	作業内容	必要日数
搬入・建方	3 日程度	搬入・建方	2 日程度
調整・接合	2 日程度	調整・溶接接合	3 日程度
		ワイヤーメッシュ敷き	2 日
		コンクリート打設	1 日
計	5 日程度	計	8 日程度

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和元年度補正 CLT 建築実証事業報告書」（令和3年3月）p.157

➤ 材料コストの比較

CLT 床版		鉄骨床構造	
項目	平米単価 (円/m ²)	項目	平米単価 (円/m ²)
CLT 加工後材積 268.8m ³ スギ 5 層 7 プライ	46,310	デッキ	2,600
		ワイヤーメッシュ	123
		コンクリート	1,530
		左官押え	434
計	46,310	計	4,687

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和元年度補正 CLT 建築実証事業報告書」（令和3年3月）p.157

➤ 施工費の比較

躯体工事費（構造躯体まで）[千円（税抜）]		①木造+CLT 床版	②CLT 部位を S 造に変更した場合	経費増減額 （①－②）
基礎工事	土工事	6,662	6,490	172
	基礎工事	16,454	10,510	5,944
	杭工事	37,655	30,570	7,085
	土留め工事	7,908	7,908	0
基礎工事計		68,679	55,478	13,201
上部躯体工事	仮設工事	8,664	8,912	-248
	躯体工事	0	5,034	-5,034
	木工事	275,000	0	275,000
	鉄骨工事	14,962	43,520	-28,658
	屋根工事	6,172	2,300	3,872
	外装工事	24,878	15,535	9,343
	断熱工事	1,113	2,767	-1,654
上部躯体工事計		330,789	78,168	252,621
工事計 [千円（税抜）]		399,468	133,646	265,822
延床面積当り工事単価 [千円/m ²]		270	90	179

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和元年度補正 CLT 建築実証事業報告書」（令和3年3月）p.159

・ コストに関する分析：

- 床材の材料費については、木材利用のケースで鉄骨床と比較して 10 倍近く高い結果となった。
- 施工費は、上表の通り、木材利用ケースの方が基礎工事、上部躯体工事費とも高い結果となった。細目を見ると、上部躯体工事費のうち仮設工事費と断熱工事費は木材利用ケースの方が安価となった。
- 木材利用ケースで有利なのは施工日数が短い点であり、施工に係る人件費は削減できるものと考えられた。

1.1.2 【木造（CLT パネル工法＋木造軸組工法）と RC 造の比較】会社事務所の例⁵⁵

- ・ 規模： 階数 2 階、延床面積 740.26m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 壁
 - CLT の仕様： 150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60/ヒノキ
 - CLT 使用量： 113.68m³（加工前製品量 125m³）
- ・ CLT 以外の木材使用量： 214.48m³
- ・ コスト比較の概要： CLT パネル工法＋木造軸組工法のうち CLT 使用部位を RC 造に変更した場合との基礎工事費の比較を実施
 - 基礎工事費の比較（単位：千円・税抜）

項目		①CLT パネル工法＋ 木造軸組工法	②CLT 使用部位を RC 造に変更したケース	①－②
基礎 工 事	土木工事	8,400	8,800	-400
	杭工事	12,700	99,000	-86,300
	型枠工事	16,100	16,900	-800
	鉄筋工事	13,100	17,000	-3,900
	コンクリート工事	10,300	13,400	-3,100
基礎工事計		60,600	155,100	-94,500

- ・ コストに関する分析：
 - 基礎工事に関する分析において、上表に示すいずれの費目も木材利用ケースの方が安価という結果となった。このうち、特に費用削減効果が大きかったのは杭工事であった。これは、木材が他の躯体と比較して軽量であることから、杭を浅くしても安全性が確保可能なためと考えられる。

1.1.3 【木造（軸組工法＋CLT 板）と RC 造の比較】小規模事務所併用飲食店の事例⁵⁶

- ・ 規模： 階数 2 階、延床面積 82.82m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 屋根（一部）、床、壁
 - CLT の仕様： スギ
 - CLT 使用量 20.79m³
- ・ CLT 以外の木材使用量： 2.63m³（構造用集成材（オウシュウアカマツ））
- ・ 比較した建築物の設計概要

		木造（CLT 利用）	RC 造
階数、延床面積		2 階建て、82.82m ²	
基礎構造		直接基礎、べた基礎	直接基礎、べた基礎（床スラブあり）
上部構造	工法	木造軸組工法（壁、屋根）	RC 造（壁構造）

⁵⁵ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和 4 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等実証事業 報告書」（令和 6 年 3 月）

⁵⁶ （出所）（公財）日本住宅・木材技術センター「CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告」

		+CLT (床、壁、一部屋根)	
	材料	スギ CLT オウシュウアカマツ集成材 製材、構造用合板、構造用面材	鉄筋コンクリート
木材使用量		CLT パネル：20.79m ³ 構造用集成材：2.63m ³	—
屋根		ガルバリウム鋼板葺き (切妻屋根) 金属防水 (陸屋根)	ガルバリウム鋼板葺き (切妻屋根) ウレタン塗膜防水 (陸屋根)
外壁		金属サイディング (ガルバリウム鋼板)、スギ板貼り	
外部開口部		住宅用サッシ	RC 造用サッシ
断熱工法		屋根：充填断熱 外壁：充填断熱、外張断熱 床・基礎：基礎断熱	屋根：外断熱 外壁：外断熱、内断熱 (吹付) 床・基礎：基礎断熱

- ・ CLT を使用した木造 (軸組工法) と RC 造での建築工事費を比較

- 建築工事費の比較 (単位：円)

項目	CLT を用いた木造		RC 造		木造－RC 造	木造 /RC 造
仮設工事	805,000	2.3%	1,573,000	4.4%	-768,000	51.2%
地業・基礎工事	2,282,000	6.6%	2,468,000	6.9%	-186,000	92.5%
上部躯体工事	木造部分	10,053,000	29.1%	2,904,000	8.1%	7,149,000
	木造以外	0	0%	6,139,000	17.1%	-6,139,000
	小計	10,053,000	29.1%	9,043,000	25.2%	1,010,000
木工事 (造作工事)	8,595,000	24.9%	8,846,000	24.7%	-251,000	97.2%
外部工事	7,867,000	22.8%	8,670,000	24.2%	-803,000	90.7%
内部工事	4,993,000	14.3%	5,282,000	14.7%	-349,000	93.4%
合計	34,535,000	100%	35,882,000	100%	-1,347,000	96.2%
床面積当たり工事単価	417 千円/m ² —		433 千円/m ²		-16 千円/m ² -	

(注) 木造以外の上部躯体工事：RC 造部分

(注) 外部工事：屋根・板金工事、防水工事、外壁工事、金属製建具工事、断熱工事等

(注) 内部工事：木製建具工事、内装工事、家具工事等

- ・ コストに関する分析：

- 建築工事費のうち、仮設工事、地業・基礎工事、木工事 (造作工事)、外部工事、内部工事で木材利用ケースの方が低コストとの結果となった。とくに費用削減効果が大きかったのは仮設工事であった。
- 上部躯体工事費は、木材利用ケースの方が RC 造ケースよりも大きい結果となった。

1.1.4 【木造 (軸組工法+CLT 板) と S 造の比較】中規模高齢者福祉施設の事例⁵⁷

- ・ 規模： 階数 2 階、延床面積 999.45m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 屋根

⁵⁷ (出所) (公財) 日本住宅・木材技術センター「CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告」

- CLT の仕様：スギ
- CLT 使用量 69.2m³
- ・ CLT 以外の木材使用量： 41.3m³（構造用集成材（オウシュウアカマツ））
- ・ 比較した建築物の設計概要

		木造（CLT 利用）	S 造
階数、延床面積		2 階建て、999.45m ²	
基礎構造		直接基礎、べた基礎、一部布基礎	直接基礎、独立フーチング基礎（床スラブあり）
上部構造	工法	木造軸組工法（壁、床、屋根） +CLT（屋根） 一部 S 造（野代会談）	S 造（壁構造）
	材料	スギ CLT オウシュウアカマツ集成材 製材、構造用合板（屋根・床下地材）、 鉄骨（屋外階段）	鉄骨
木材使用量		CLT パネル：69.2m ³ 構造用集成材：41.3m ³	—
屋根		ガルバリウム鋼板葺き（立てはげ）	ガルバリウム鋼板葺き（切妻屋根） ウレタン塗膜防水（陸屋根）
外壁		金属サイディング（ガルバリウム鋼板）、スギ板貼り	
外部開口部		アルミ製サッシ	
断熱工法		屋根：充填断熱 外壁：充填断熱 床・基礎：床断熱	屋根：充填断熱 外壁：充填断熱 床・基礎：床断熱

- ・ CLT を使用した木造（軸組工法）と S 造での建築工事費を比較
 - 建築工事費の比較（単位：円）

項目		CLT を用いた木造		S 造		木造－S 造	木造 /S 造
仮設工事		3,226,000	1.8%	3,226,000	1.7%	0	100%
地業・基礎工事		25,528,000	14.1%	24,992,000	13.5%	536,000	102.1%
上部躯体工事	木造部分	79,620,000	44.0%	13,907,000	7.5%	65,713,000	-
	木造以外	893,000	0.5%	57,534,000	31.1%	-56,641,000	-
	小計	80,513,000	44.5%	71,441,000	38.6%	9,072,000	112.7%
木工事（造作工事）		17,619,000	9.7%	23,302,000	12.6%	-5,683,000	75.6%
外部工事		26,119,000	14.4%	34,243,000	18.5%	-8,124,000	76.3%
内部工事		27,892,000	15.4%	27,892,000	15.1%	0	100%
合計		180,897,000	100%	185,096,000	100%	-4,199,000	97.7%
床面積当たり工事単価		182 千円/m ² －		186 千円/m ²		-4 千円/m ² -	

（注）木造以外の上部躯体工事：S 造部分

（注）外部工事：屋根工事、防水工事、外壁工事、金属製建具工事、断熱・防蟻工事等

（注）内部工事：木製建具工事、内装工事、塗装工事、家具工事、ユニット工事等

- ・ コストに関する分析：
 - 建築工事費のうち、木工事（造作工事）、外部工事で木材利用ケースの方が低コストとの結果となった。屋根工事の工程が木材利用ケースの方が少なく、省力化・

経費削減で来ているものと考えられる。

- 上部躯体工事費は、木材利用ケースの方が RC 造ケースよりも大きい結果となった。

1.1.5 【木造（3 ヒンジトラス架構、CLT 利用）と RC 造の比較】建築企業の実験施設の事例⁵⁸

- ・ 規模： 階数 2 階（木造部分は 1 層）、延床面積 490.21m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 壁、屋根
 - CLT の仕様：
 - ◇ 壁：210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A 相当/スギ
 - ◇ 屋根：210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A 相当/スギ
 - CLT 使用量：250m³
- ・ CLT 以外の木材使用量：37m³

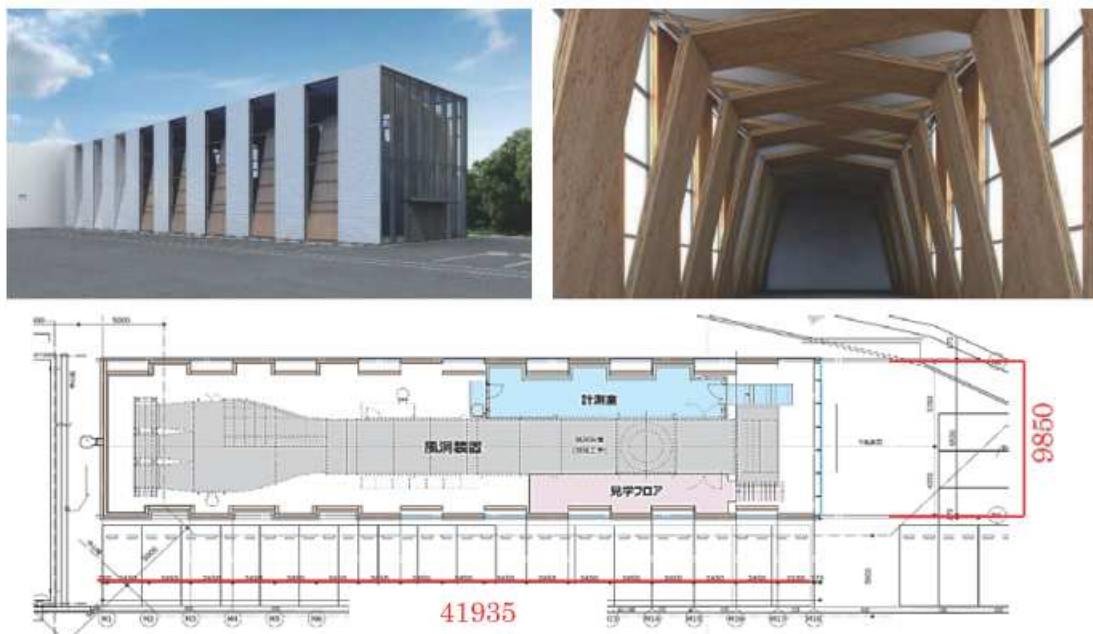


図 108 建物の立体図・平面図

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.64 より転載

- ・ コストに関する分析：既存の RC 造の建物等と実証した木造（CLT 利用）の工事費のうち、規模や条件の異なる工事を除いた、上部躯体工事費、外装仕上げに係る工事費を比較（下表）
 - 基礎と躯体を構成するための工事費は、木造は RC と比較して 16%増。一方で、

⁵⁸ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.60～

防水、外装仕上げ工事分を含めた工事費は 69%となった。コスト差の主な原因は、遮音性能と意匠性を確保するための外装仕上げ工事と考えられる。

表 83 坪単価比の比較

単位：％

項目	W1 (RC 造)	W2 (木造)
	171.2m ² / 51.8 坪	490.2m ² / 148.3 坪
	坪単価比	坪単価比
鉄筋工事	19	3
コンクリート工事	21	4
型枠工事	44	2
CLT 工事	—	92
小計	85	101
防水、外装仕上げ工事等 小計	15	68
合計	100	169

※1：仮設工事，土工事，地業工事，鉄骨工事，金属製建具工事，ガラス工事，内装工事，ユニットおよびその他工事 および設備に関する工事（電気，空調，衛生）は，それぞれで特殊性が高いため除外した。

※2：W1 棟（RC 造）の合計を 100 とした場合の割合を％で示した。

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.82

1.1.6 【木造（CLT 工法）と S 造の比較】小規模飲食店の事例⁵⁹

- ・ 規模：階数 1 階、延床面積 185.52m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位：壁、屋根
 - CLT の仕様：
 - ◇ 壁：90mm 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ
 - ◇ 屋根：120mm 厚/3 層 4 プライ/S60A 相当/スギ
 - CLT 使用量：23m³（加工前製品量 25m³）

⁵⁹ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 28 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等実証事業 報告書」（平成 29 年 3 月）p.119～



図 109 建物立体図

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 28 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等実証事業 報告書」(平成 29 年 3 月) p.123 より転載

- ・ コストに関する分析： CLT 工法と S 造について、基礎から上の構造体から下地までの費用比較を実施
 - 坪単価は、木造 (CLT 工法) 20 万円/坪、S 造 17 万円/坪で S 造の方が安価な結果となった。木造 (CLT 工法) の方が高くなった費目は、材料費 (CLT 材)、建て方費、その他工事費 (接合金物等) であった。一方で、主要構造以外の材料費・加工費は木造 (CLT 工法) の方が非常に安価であった。
 - 屋根・外壁下地材完了までの工期は、木造 (CLT 工法) 4 日間、S 造 14 日間と、木造 (CLT 工法) の方が非常に短い工期で施工できることが明らかになった。

表 84 木造（CLT 工法）と鉄骨造のコスト・工期比較

項目	木造				鉄骨造			
構造	CLT構造（屋根小屋組）				ラーメン構造			
規模	平屋建て（CLT関連面積） 166.90㎡				平屋建て（鉄骨関連面積） 185.65㎡			
工程	基礎金物（Xマーク金物）－CLT壁－小屋組 －水平力合板－束建て－屋根下地－CLT庇				柱・梁・庇建て－母屋・胴縁－屋根・外壁 下地－断熱材－内壁下地組			
坪単価 コスト	20万円／坪（屋根・外壁下地材完了まで）				17万／坪（屋根・外壁下地材完了まで）			
	項目	数量	単価	備考	項目	数量	単価	備考
	材料費	25㎡	10万円	CLT	材料費	15 t	12万	柱・梁
	加工費	24㎡	4万	CLT	加工費	15 t	7万	柱・梁
	その他材料費	17㎡	9万	屋組・下地	その他材	4t	120万	細材・下 地材
	その他加工費	9㎡	5万	小屋組	料費・加			
	建て方費	34㎡	8.5万		建て方費	19t	4万	
	輸送費	3台	36万		輸送費	3台	36万	
	その他	25㎡	6.5万	接合金物他	その他	150㎡	0.6万	内部下地費
工期	4日				14日			
総括	意匠面によりコストは左右されるが、今回は初めての施工と言う事もあり施工費が想定より割高になった。水平力負担構造用合板の上に大屋根と言う二重屋根になったのもコストアップ要因になった。ただ、工法が周到されて行けば、今後施工費も下がって行くと思われる。				意匠面によりコストは左右されるが、細材を組み立てて行く手間と細かな下地等の付帯工事が発生するため施工日数が掛かる。ただ、確立された工法ゆえに施工費も計算出来るが、今後鉄材は高騰が予想されるためコストも上がってくると思われる。			

（注）費用は入札価格であり、市場価格とは異なる

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 28 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等実証事業 報告書」（平成 29 年 3 月）p.131

1.1.7 【木造（CLT 工法）と S 造の比較】工場の事例^{60,61}

- ・ 規模： 階数 1 階、延床面積 1,993.82m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 壁、梁

⁶⁰ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 28 年度補正 CLT 建築物等普及促進事業のうち協議会が取り組む実証的建築支援事業 報告書」（平成 30 年 3 月）p.161～

⁶¹ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和 2 年 3 月）p.59～

- CLT の仕様：
 - ✧ 壁：幅 1,124mm×高さ 3,650mm×厚さ 90mm /3 層 3 プライ/Ms60/スギ
 - ✧ 耐風梁：幅 600mm×高さ 5,780mm×厚さ 210mm /5 層 7 プライ/S60/スギ
- CLT 使用量：127m³
- ・ CLT 以外の木材使用量： 350m³

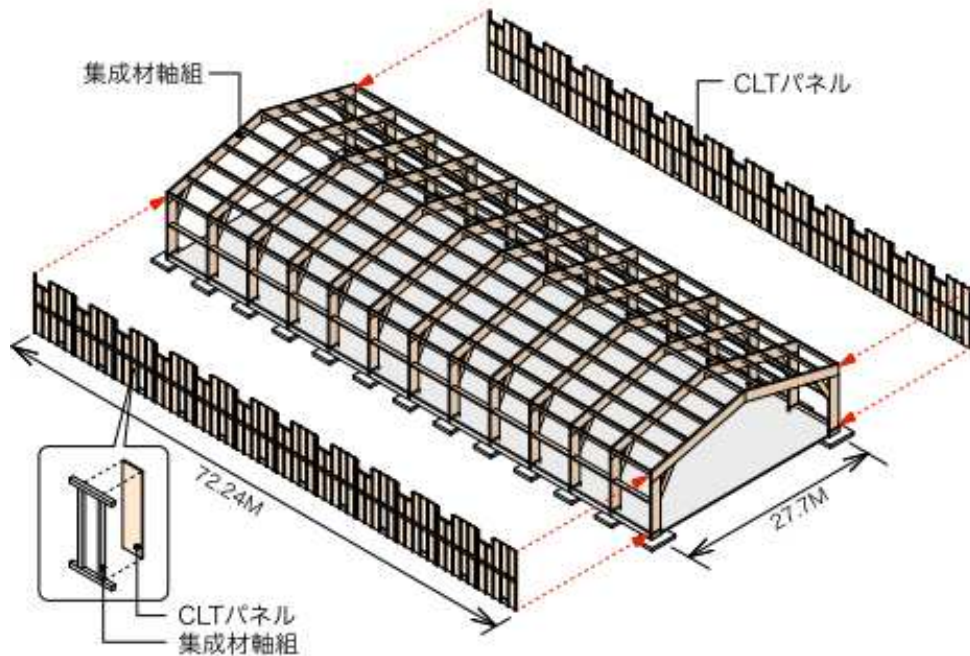


図 110 建物（木造の集成材工場）での木材利用イメージ

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 28 年度補正 CLT 建築物等普及促進事業のうち協議会が取り組む実証的建築支援事業 報告書」（平成 30 年 3 月）p.167 より転載

- ・ コストに関する比較:①CLT を用いた木造（今回実証）、②CLT を用いない木造（既設）、③S 造（想定）でのコスト比較を実施。
 - いずれも準耐火建築物とした。①は CLT を用いることで準耐火建築物に必要な外壁の準耐火性能を確保。②は壁の準耐火性能を確保するために内壁にプラスターボードの設置が必要。③は準耐火建築物のため外壁に準耐火性能は不要。
 - 施工性を比較すると、①では CLT 自体が内部あらわしとなり、内装仕上げが不要なため工期短縮が可能であった。②は内装工事が必要なため内部足場の設置等により工期が①よりも②週間長い結果となった。
 - 施工費について、①は②に比べて約 15%割高な結果となった。③は S 造のため①②の木造と比較して建物重量が重くなり、基礎工事のコストアップが想定された。
 - 柱脚金物のコスト比較
 - ✧ 既製品のホールダウン金物（2-HD-60 カネシン）と JISA3301 の 2 種類について試験したところ、前者が 3,000 円/箇所、後者が 10,000 円/箇所と価格差があり、また前者の方が施工精度が出しやすい納まりであったことから前者を採

用。建物全体で 144 箇所の使用により、後者を使用する場合と比較して約 100 万円のコスト削減となった。

本件は、次期の林野庁実証事業を活用し、CLT パネル工法の施工実証を追加したうえで、上述の①～③の 3 ケースと合わせて 4 ケースでの比較分析を実施している（表 85）。

- ・ コストに関する比較（次期実証）：
 - 新たに実証した CLT パネル工法の施工では、パネル化した CLT 耐震壁（CLT、せっこうボード、透湿防水シート、アルミサッシ）をあらかじめ地組みしてから加工に落とし込む工法を採用することで、CLT を用いない集成軸組工法と比較して約 3 週間の工期短縮が可能となった。CLT を用いる集成軸組工法と同様、内装仕上げが不要なことでも 2 週間の工期短縮となるため、施工性の高さは非常に高い結果となった。ただし、工事費については最も高い結果となった。

表 85 CLT パネル工法、集成材軸組工法（CLT を用いる場合、用いない場合）と S 造のコスト比較

工種	項目	A本事業：集成材軸組+CLT壁（パネル化）				B旧事業：集成材軸組+CLT壁				C既存棟：集成材軸組+筋交い+間柱+PB				D鉄骨造：鉄骨+鋼筋+PB			
		数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額	数量	単位	単価	金額
木工事	集成材	320	m3	240,000	76,800,000	350	m3	240,000	84,000,000	350	m3	240,000	84,000,000	-			
	壁CLT：CLT梁	171	m3	200,000	34,200,000	127	m3	220,000	27,940,000	-	m3			-			
	筋交い	-				-				16	m3	240,000	3,840,000	-			
	間柱	-				-				16	m3	120,000	1,920,000	-			
鉄骨工事	柱梁	-				-				-				300	t	300,000	90,000,000
	鋼筋	-				-				-				1,152	m2	6,000	6,912,000
仕上げ	PB貼り	0				500	m2	2,500	1,250,000	1,652	m2	2,500	4,130,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
	内部足場	0				500	m2	1,500	750,000	1,652	m2	1,500	2,478,000	1,152	m2	1,500	1,728,000
小計					111,000,000				113,940,000				96,368,000				100,368,000
基礎工事	鉄筋	58.4	t	114,000	6,657,600	61.5	t	114,000	7,011,000	61.5	t	151,200	9,298,800	73.8	t	151,200	11,158,560
	コンクリート	556	m3	18,230	10,135,880	585	m3	18,230	10,664,550	585	m3	19,750	11,553,750	702	m3	19,750	13,864,500
	型枠	503	m2	5,100	2,565,300	528	m2	5,100	2,692,800	528	m2	6,340	3,347,520	634	m2	6,340	4,019,560
小計					19,358,780				20,368,350				24,200,070				29,042,620
合計					130,358,780				134,308,350				120,568,070				129,410,620
坪単価（主に構造体）					226,711				222,734				199,947				214,611

※坪単価は直上の上、コスト比較

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和 2 年 3 月）p.76

1.1.8 【木造（CLT 工法）と S 造・RC 造の比較】学校施設の事例⁶²

- ・ 規模：階数 2 階（木造部分は 1 層）、延床面積 407.2m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位：壁、床
 - CLT の仕様：
 - ◇ 壁：120mm 厚/3 層 4 プライ/S60A 相当/スギ
 - ◇ 床：210mm 厚/5 層 7 プライ/Mx60A 相当/スギ

⁶² （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.60～

- CLT 使用量：101.98 m³（加工前製品量：106.1m³）
- ・ CLT 以外の木材使用量：25.54m³

（写真削除）

図 111 建物の内観・外観

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.89 より転載

- ・ コストに関する分析：CLT パネル工法と S 造、RC 造での基礎工事費と上部躯体工事費を比較（下表）
 - 基礎工事のうち杭工事は工事ごとの金額差が大きい結果となった。この点で杭なしの CLT パネル工法（木造）は優位性を発揮した。
 - 上部躯体工事費は CLT パネル工法（木造）が最も高い結果となった。要因は、鋼板挿入ドリフトピン接合の金物に費用が掛かることであると考察された。基礎工事費、上部躯体工事費を合わせた建設費用は、CLT パネル工法について、S 造よりも約 11%高く、RC 造よりも約 22%安い結果となった。

表 86 CLT パネル工法（木造）、S 造、RC 造の建設費の比較

		CLTパネル工法	鉄骨造	RC造	備考
基礎工事	基礎工事	5,709,000	8,564,000	6,595,000	土工事含む S造はデッキコンクリート含む
	杭工事	0	11,200,000	16,400,000	実証事業建築物は杭無し RC造・S造はPHC杭にて積算
基礎工事計		5,709,000	19,764,000	22,995,000	
上部躯体工事	仮設工事	2,790,000	3,588,000	3,360,000	
	木躯体工事(CLT工事)	42,000,000	1,464,000	2,264,000	
	RC躯体工事	0	0	27,470,000	
	鉄骨工事	0	12,319,000	306,000	
	造作工事	5,181,000	12,652,000	12,544,000	いずれも断熱工事を含む
	屋根・外装工事	5,930,000	5,930,000	5,930,000	
上部躯体工事計		55,901,000	35,953,000	51,874,000	
合計		61,610,000	55,717,000	74,869,000	

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.94

1.1.9 【木造（CLT工法）+S造とRC造の比較】6階建て事務所の例⁶³

- ・ 規模： 階数6階、延床面積 3,630.00m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 壁、床、屋根
 - CLT の仕様：
 - ✧ 壁：270mm 厚/9 層 9 プライ/S90/ヒノキ
 - ✧ 床：150mm 厚/5 層 5 プライ/S90/ヒノキ
 - ✧ 複合スラブ：90mm 厚/3 層 3 プライ/Mx60 相当/スギ
 - CLT 使用量：1,042m³
- ・ CLT 以外の木材使用量：107m³
- ・ 工法：CLT 工法の一部に鉄骨を利用

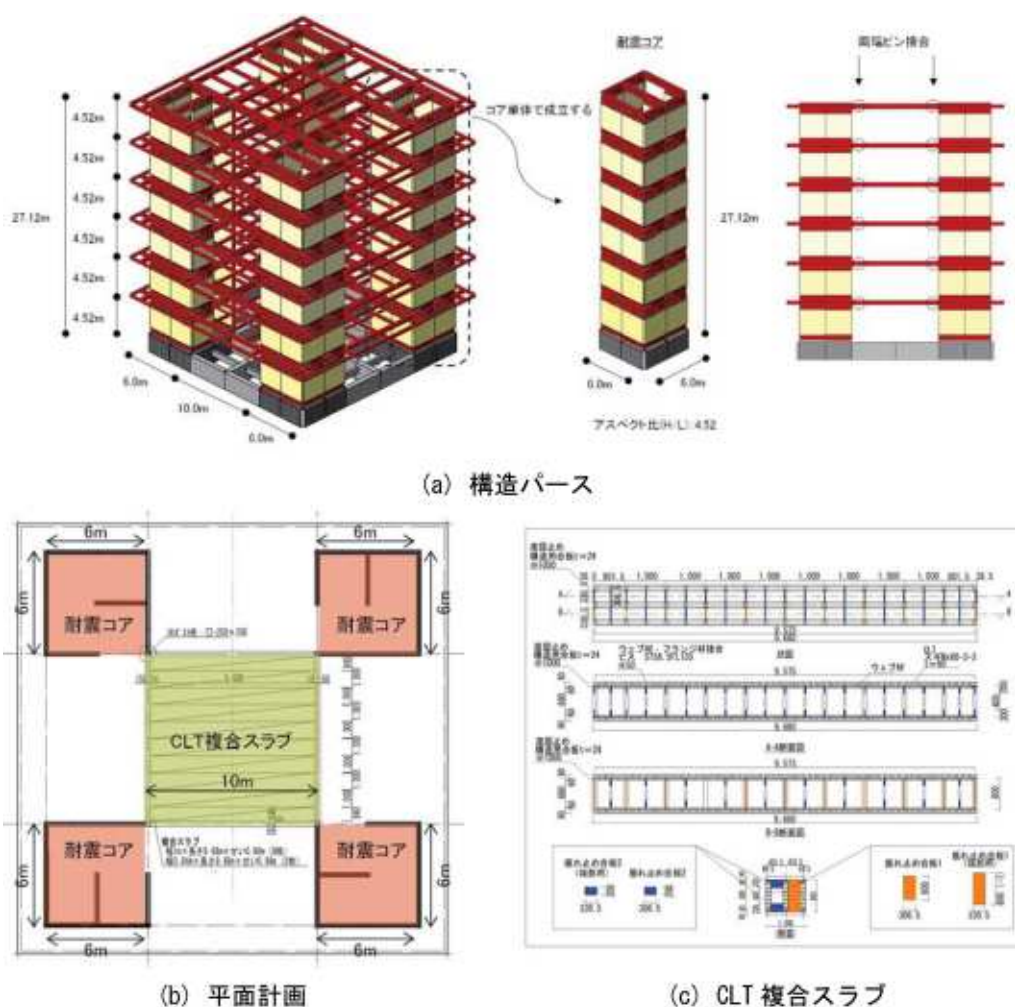


図 112 建物の計画イメージ

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和2年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和4年3月）p.142 より転載

⁶³ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和2年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和4年3月）p.125～

- ・ コスト等に関する分析：CLT 工法（一部鉄骨利用）と RC 造の材料費・施工費、工期、CO₂排出量等の比較を実施（下表）。
 - 材料費・施工費を合わせた建設費用（基準階 1 層を対象とした比較）は、CLT 工法（一部鉄骨利用）が RC 造と比較して 2.5 倍程度のコスト増となった。要因は材料費（CLT 及び接合金物）が主であった。施工費は CLT 工法の方が安価という結果になった。
 - 建て方工機（上層へ進むのに必要な日数）は、CLT 工法（一部鉄骨利用）4 日間に対し RC 造 12 日間となり、CLT 工法により工期は大幅に短縮できる（6 階建ての場合 1 カ月程度の短縮が見込める）との結果となった。
 - 材料製造に係る CO₂ 排出量は、CLT 工法（一部鉄骨利用）の 1 層分で 18.16tC に対し RC 造では 170.91tC と試算され、脱炭素への貢献の価値は CLT 工法でアピールしうることが示された。

表 87 基準階 1 層を対象とした際の実証建築物（CLT 工法＋一部鉄骨）と RC 造との比較

		CLT工法(一部鉄骨)	RC造	備考
材料費	CLT	32,376,000		
	複合スラブ	6,950,000		
	コンクリート		7,570,500	
	鉄骨ビーム	9,476,300		
	鉄筋		4,292,400	
	接合金物	7,260,000		
	小計	56,062,300	11,862,900	
施工費	現場施工費	2,393,800	13,085,000	※RCの型枠、支保工等含む
	耐火被覆	4,230,000		※材工で計上
	揚重機費	840,000		
	ポンプ車費		240,000	
	小計	7,463,800	13,325,000	
合計		63,526,100	25,187,900	

建て方工期(日)	4.0	12.0	※上階へ進むのに必要な日数
----------	-----	------	---------------

構造躯体重量(t)	159.9	754.5	CLT : 0.4 石膏ボード : 0.95 鉄:7.85 コンクリート : 2.3
-----------	-------	-------	---

CO2排出量(t・C)	18.16	170.91	※材料製造時のみ
-------------	-------	--------	----------

参考：「建築物のライフサイクル二酸化炭素排出量」大林組

参考:石膏ボード製造時CO2排出量 821.33kg/m² ⇒ 比重0.9、0.91kg・C/kg

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁令和 2 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」(令和 4 年 3 月) p.158

1.1.1.0 【RC 造と CLT の合成構造と S 造・RC 造の比較】8 階建て事務所の事例⁶⁴

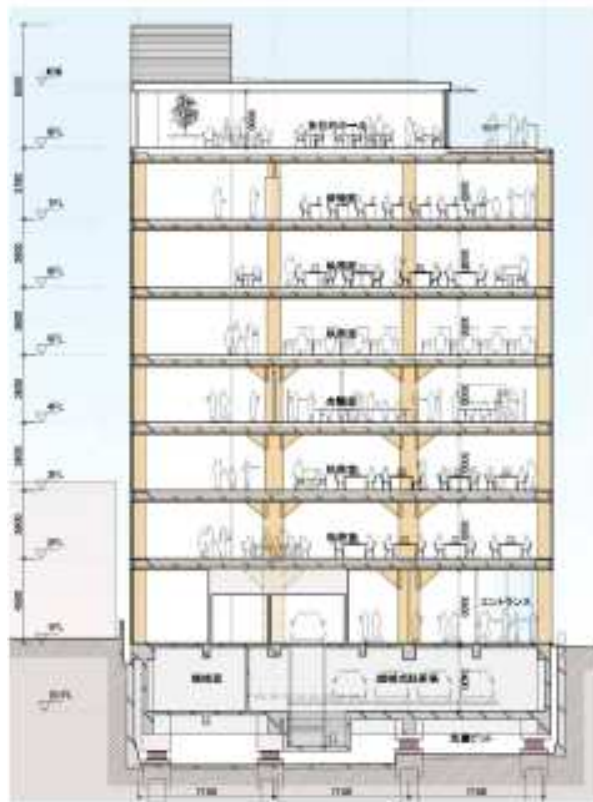
- ・ 規模：階数 9 階（地上 8 階、地下 1 階）、延床面積 4,247.96m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位：壁（柱型）、屋根
 - CLT の仕様：
 - ◇ 壁：

⁶⁴ (出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 31 年度 中高層建築物を中心とした CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業 報告書」(令和 2 年 3 月) p.35～

- 90mm 厚/3 層 3 プライ/S60A 相当/スギ
- 150mm 厚/5 層 5 プライ/S60A 相当/スギ
- ☆ 屋根：120mm 厚/3 層 4 プライ/S60A 相当/スギ
- CLT 使用量：536.89m³
- ・ CLT 以外の木材使用量：44m³
- ・ 構造の特徴：耐火構造が要求される規模の建物であるため、RC 造に木材を組み合わせるハイブリッド構造を採用。CLT 板を組み合わせでコの字型断面を構成した後コンクリートを打設して、RC を内蔵したハイブリッド断面の柱を造り構造材として用いている。



イメージ図



断面図

図 113 建物の外観イメージ図、断面図

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 31 年度 中高層建築物を中心とした CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業 報告書」(令和 2 年 3 月) p.39 より転載

- ・ コストに関する分析：RC 造と CLT のハイブリッド構造と、一般的な RC 造、S 造との工事費（躯体工事費・仕上工事費）の比較を実施（下表）。
 - 実証結果の工事費（躯体工事費＋仕上工事費）の概算は、RC 造に対して m^3 単価

の差額が＋約 11.6 千円/m³で約 4%増、S 増と比較して同－2.3 千円/m³で約 1%減との結果となった。ただし、工期を想定すると S 造は RC 造の約半分であるため、工事費総額では S 造が RC 造 2 ケースを下回る可能性が高いと考えられた。結果を踏まえると、いずれのケースも工事費に大差はなく、コスト以外の観点（環境価値等）で CLT を用いる工法が採用されうる可能性が見出された。

表 88 工事費の比較分析結果

工事費（躯体＋仕上げ） [税抜・千円]		実証ケース (RC造＋CLT)	RC造	S造	増減額	増減額	備考
		(A)	(B)	(C)	(A)－(B)	(A)－(C)	
基礎工事	土工事	26,500	26,500	26,500	0	0	実証ケースからRC造に変えた場合は重量増、S増に変えた場合は重量減と想定して算出
	基礎工事	112,000	119,000	100,800	-7,000	11,200	
	杭工事	52,000	52,000	42,000	0	10,000	
	免震工事	69,400	69,400	69,400	0	0	
基礎工事計		259,900	266,900	238,700	-7,000	21,200	
上部躯体工事	仮設工事	50,050	72,800	58,240	-22,750	-8,190	CLT床の型枠利用による支保工の減
	コンクリート工事	61,750	114,000	35,000	-52,250	26,750	コンクリート・鉄筋・型枠、S造はデッキプレート＋RCスラブ分
	木工事	312,000	0	0	312,000	312,000	CLT躯体工事
	鉄骨工事	0	0	180,900	0	-180,900	上部躯体S造の場合：670t耐火被覆
	防水工事	7,100	7,100	7,100	0	0	構造種による差はないものとした
	屋根工事	7,740	7,740	7,740	0	0	
	断熱工事	20,280	20,280	20,280	0	0	
	外装工事	445,000	445,000	445,000	0	0	実証ケースはCLTが内部仕上げ
	内装工事	204,750	385,500	385,500	-180,750	-180,750	
上部躯体工事計		1,108,670	1,052,420	1,139,760	56,250	-31,090	
合計		1,368,570	1,319,320	1,378,460	49,250	-9,890	
延べ面積当たり工事単価 [千円/m ²]		322.2	310.8	325	11.4	-2.3	

上部躯体建て方＋内装仕上げ工期 9カ月 11カ月 5.8カ月

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 31 年度 中高層建築物を中心とした CLT 等新たな木質建築部材利用促進・定着事業 報告書」（令和 2 年 3 月）p.51

1.1.1.1 【木造（軸組工法＋CLT 板）と RC 造の比較】共同住宅の事例⁶⁵

- ・ 規模：階数 5 階（1 階 RC 造、2～5 階木造部分は 1 層）、延床面積 823.95m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位：壁、屋根
 - CLT の仕様：
 - ◇ 壁：120mm 厚/5 層 5 プライ＋3 層 4 プライ/S60＋Mx60A 相当/スギ
 - ◇ 屋根：150mm 厚/5 層 5 プライ/Mx60A 相当/スギ
 - CLT 使用量：94.45m³（加工前製品量：113.06m³）
- ・ CLT 以外の木材使用量：70.63m³

⁶⁵ （出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」（平成 31 年 3 月）p.117～

(写真削除)

図 114 建物、工事のイメージ

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」(平成 31 年 3 月) p.121 より転載

- ・ コストに関する分析：CLT パネル工法と RC 造での工事費を比較（下表）
 - 工事費は、壁式 RC 造が CLT 造よりも 32,100 千円安価になるという結果であった。躯体工事として RC 造がコンクリート工事費・型枠工事費・鉄筋工事費あわせて 52,000 千円であるのに対し、CLT パネル工法ではそれらの工事が削減される分、CLT 構造体工事費と木工事費が大幅に増加し 103,600 千円となり、ここで 5 千万円以上のコスト増になっていることが、全体に大きな影響を与えていた。

表 89 CLT パネル工法（木造）と RC 造の建設費の比較

■CLT			■壁式		
1. 直接仮設工事	1式	4,150,000	1. 直接仮設工事	1式	6,200,000
2. 土工事	1式	4,000,000	2. 土工事	1式	4,000,000
3. 杭地業工事	1式	4,700,000	3. 杭地業工事	1式	6,700,000
4. コンクリート工事	1式	5,400,000	4. コンクリート工事	1式	18,000,000
5. 型枠工事	1式	7,650,000	5. 型枠工事	1式	19,000,000
6. 鉄筋工事	1式	5,650,000	6. 鉄筋工事	1式	15,000,000
7. 鉄骨工事	1式	3,000,000	7. 鉄骨工事	1式	3,000,000
8. CLT構造体工事	1式	65,500,000	8. 組積工事	1式	
9. 外壁工事	1式	9,950,000	9. 防水工事	1式	4,000,000
10. 防水工事	1式	2,050,000	10. タイル工事	1式	9,000,000
11. 木工事	1式	19,400,000	11. 木工事	1式	8,000,000
12. 屋根工事	1式	2,100,000	12. 金属工事	1式	6,000,000
13. 金属工事	1式	3,000,000	13. 左官工事	1式	5,000,000
14. 左官工事	1式	3,050,000	14. 木製建具工事	1式	5,000,000
15. 木製建具工事	1式	5,000,000	15. 金属製建具工事	1式	10,350,000
16. 金属製建具工事	1式	10,350,000	16. 硝子工事	1式	4,000,000
17. 硝子工事	1式	4,150,000	17. 塗装工事	1式	5,000,000
18. 塗装工事	1式	1,250,000	18. 内装工事	1式	4,150,000
19. 内装工事	1式	4,150,000	19. 雑工事	1式	5,350,000
20. 雑工事		5,350,000			
	合計	169,850,000		合計	137,750,000
	差額	32,100,000			

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁平成 30 年度 CLT を活用した先駆的な建築物の建設等支援事業 報告書」(平成 31 年 3 月) p.143

1.1.1.2 【床板としての CLT、コンクリート版、ALC の比較】9 階建て事務所の例⁶⁶

- ・ 規模： 階数 10 階（地上 9 階、地下 1 階）、構造自体は S 造、延床面積 6,730.88m²
- ・ CLT 使用：
 - 採用部位： 床
 - CLT の仕様：
 - ◇ 床：270mm 厚/5 層 7 プライ+2 プライ増張/Mx60A /スギ
 - CLT 使用量：25.515m³



図 115 建物外観イメージ

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和 2 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和 4 年 3 月）p.354 より転載

（写真削除）

図 116 CLT 床板の設置現場風景

（出所）木構造振興株式会社、（公財）日本住宅・木材技術センター「林野庁令和 2 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和 4 年 3 月）p.363 より転載

- ・ コスト等に関する分析：床板の材料として CLT、既成コンクリート板（PCa 板）、ALC 板を想定し、設置コスト及び撤去、原状回復の施工容易性について検証（下表）。
 - 施工コストは、CLT 板は他（PCa 板、ALC 板）と比較して倍以上という結果になった。他工法よりも材が厚いことや、耐火被覆工事が追加で必要になることが要因と考えられた。

⁶⁶ （出所）木構造振興株式会社、（公財）

「林野庁令和 2 年度補正 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業 報告書」（令和 4 年 3 月）p.347～

- 解体については、CLTはPC板よりは容易だが、サイズが小さく切断が不要なALCよりは不利という結果となった。
- 居住性能については、CLT板がRC合成デッキスラブと同程度の床性能を持つことが確認され、事務所等の用途では問題ないことが示された。

表 90 CLT床とコンクリート床、ALC床の施工コストと施工性の比較

		CLT	PCa	ALC
平面割付図				
新築	コスト	△ (1.00) ・他工法よりも材が厚いため、床レベルをRC側と揃えるために鉄骨に受材が必要となる。 ・耐火被覆工事が他工法に対して追加となる	○ (0.45)	○ (0.33)
	容易性	△ ・クレーン揚重で、取付は容易 ・耐火関係の施工が煩雑	○ ・クレーン揚重で、取付は容易 ・部材が重い	○ ・クレーン揚重で、取付は容易 ・部材が軽量
解体	施工費	○ (1.00)	△ (2.00)	○ (0.90)
	容易性	○ ・容易に搬出するには切断が必要だが、切断も比較的容易 ・軽量で扱いやすい	△ ・部材が重いため、搬出するためには切断が必要だが、騒音や発生水の処理が困難	○ ・サイズが小さく切断不要 ・軽量で扱いやすい
原復	施工費	○ (1.00)	△ (1.20)	○ (1.00)
	容易性	○ ・ELVに積載するためには、幅を狭くする必要がある ・軽量で扱いやすい	△ ・中間受梁の再設置が必要 ・搬入できる重量にする必要がある	○ ・中間受梁の再設置が必要 ・軽量で扱いやすい
居住性能		○ ・本実証事業を通じてRC合成デッキスラブと同等の床性能を有していることが確認され、一般事務所で使用するには問題ない	○ ・RCフラットスラブのため、居住性のは十分確保されている	△ ・遮音性能が劣り、一般事務所で使用するには懸念がある
総合所見		○ ・一般事務所の床居住性能を満たした上で、かつ、施工も比較的容易に実施できる可能性が高い	△ ・床部材としての性能は十分確保されるが、重量が大きいことから、既存ELVを使用した施工は比較的困難で、コスト優位性も低いと考えられる	△ ・材料としては軽量でサイズも小さいことから、施工性が良いと思われるが、居住性能の観点から一般事務所での使用は難しいと考えられる

※()内は、CLTの場合を1.0とした場合の概算コスト比率を示す。

(出所) 木構造振興株式会社、(公財) 日本住宅・木材技術センター「林野庁令和2年度補正 木材製品の消費拡大対策のうちCLT建築実証支援事業 報告書」(令和4年3月) p.370より転載

1.2 CLT 活用事例におけるコスト低減の要素

上記、1.1 項のコスト実証事例をまとめた結果は下表の通り。

材料費を比較している例では、CLT を用いると S 造や RC 造と比較して材料費は確実に高いという結果となった。また、木材（CLT）だけでなく、接合金物の価格が全体費用を圧迫している例が複数見られた。

工事費については、CLT を含む木造が S 造や RC 造と比較して高いケースが多いが、条件によっては木造の方が安価となるケースもあった。木材が軽量であって基礎工事費（とくに杭工事）の費用が削減できる点や、パネルを用いるため施工期間を短縮できる点が大きな要因であった。

表 91 コスト分析結果まとめ

項目番号	建物の種類	比較対象	コスト比較の費目	コスト比較結果
1.1.1	事務所	木造（大断面集成材ラーメン構造+CLT 床）と S 造	床板（CLT と鉄骨）の材料コスト、施工費（基礎工事費、上部躯体工事費）	● 材料費は CLT が 10 倍近く高い ● 施工費は CLT の方が高いが、細目のうち仮設工事費と断熱工事費は CLT の方が安い ● 施工日数は CLT の方が短い
1.1.2	事務所	木造（CLT パネル工法（壁）+ 木造軸組板）と RC 造	基礎工事費	● CLT 壁を利用した方が、これを RC に変更したケースより基礎工事費は安価、とくに削減効果が大いなのは杭工事
1.1.3	小規模複合施設	木造（軸組工法+CLT 板）と RC 造	建築工事費（仮設工事、地業・基礎工事、上部躯体工事、木工造作事、外部工事、内部工事）	● 上部躯体工事費は木造（CLT 利用）の方が RC 造と比較して高く、その他の工事費は安くなり、総合して木造の方が安価となった
1.1.4	中規模高齢者施設	木造（軸組工法+CLT 板）と S 造	建築工事費（仮設工事、地業・基礎工事、上部躯体工事、木工造作事、外部工事、内部工事）	● 上部躯体工事費は木造（CLT 利用）の方が RC 造と比較して高く、木工事費（造作工事費）と外部工事費は安くなり、総合して木造の方が安価となった
1.1.5	建築事業実験施設	木造（トラス架構+CLT 利用）と RC 造	工事費（上部躯体工事費、外装工事費）	● 上部躯体工事費は、木造が RC 造より 16%増 ● 外装工事費もあわせた工事費は、RC 造が木造より 69%増、要因は遮音性能と意匠性を確保するための工事と推察される
1.1.6	小規模飲食店	木造（CLT 工法）と S 造	構造体から下地までの材料費・輸送費・工事費	● 総合した坪単価は木造（CLT 工法）20 万円/坪、S 造 17 万円/坪。高コスト要因は、材料費（CLT 材）、建て方費、その他工事費（接合金物等） ● 工期は木造（CLT 工法）4 日間、S 造 14 日間で木造が有利

項目番号	建物の種類	比較対象	コスト比較の費目	コスト比較結果
1.1.7	工場	木造（CLT 工法、CLT を用いた軸組工法、CLT を用いない軸組工法）と S 造	工事費（木工事、鉄骨工事、仕上げ、基礎工事）	● 総合した坪単価は安い順に CLT を用いない軸組工法、S 造、CLT 工法、CLT を用いた軸組み工法の順 ● 基礎工事は CLT 工法で最も安価 ● CLT 工法は自組みしてから現場に持ち込むこと、CLT 利用によりあらわしで内装仕上げが不要なことで工期を 5 週間短縮
1.1.8	学校施設	木造（CLT 工法）と S 造、RC 造	工事費（基礎工事費、上部躯体工事費）	● 基礎工事は杭なしの CLT 工法が他と比べて 4 分の 1 程度の費用で優位 ● 上部躯体工事は、CLT 工法が最も高いとの結果。要因は接合金物の費用と推察された ● 両者を合わせた建設費用は、CLT 工法では S 造より 11% 高く RC 造より 22% 安い結果
1.1.9	事務所	木造（CLT 工法）+ S 造と、RC 造	材料費、施工費	● 材料費・施工費を合わせた建設費用は、CLT 工法（一部鉄骨利用）が RC 造と比較して 2.5 倍程度のコスト増、要因は材料費（CLT 及び接合金物）が主 ● 施工費は CLT 工法の方が安価
1.1.10	事務所	RC 造+CLT と、S 造、RC 造	工事費（躯体工事費、仕上げ工事費）	● 工事費全体は、RC 造+CLT は RC 造に対して 4% 増、S 増に対して 1% 減の結果。ただし S 造は工期が半分程度のため総合すると大差ない（S 造がやや優位）との考察
1.1.11	共同住宅	木造（軸組工法+CLT 板）と RC 造	工事費	● CLT 造が壁式 RC 造よりも約 23% 高い結果。要因は、CLT 構造体工事費と木工事費が非常に高いこと
1.1.12	事務所	CLT 床板、コンクリート床板、ALC 床板	施工費	● CLT 板は他（PCa 板、ALC 板）と比較して倍以上。他工法よりも材が厚いことや、耐火被覆工事が追加で必要になることが要因

上記の事例分析に基づき、CLT 等を活用した木造・木質化建築物における、非木造建築物と比較したコスト低減の要素について考察する。面材の木材を用いることによる施工の合理化・施工期間の短縮（施工にかかる人件費の削減）や、非木造で用いられる構造材よりも木材が軽量であることを活かした基礎工事の簡略化（基礎工事費の削減）、床や屋根と天井を一体化することによる材料費の削減等が考えられた。

CLT 利用における主な高コスト要因は上部躯体工事費である。その削減方策としては、以下が考えうる。

- CLT 製造における歩留まりの向上
- パネル割付けにおける歩留まりの向上
- CLT パネルの標準化、量産化によるコスト削減
- 施工方法の合理化、CLT パネルや接合金物の合理化

- CLT 普及による材料コスト削減
- CLT の利点である断熱性能等を活かした、屋根および外装材の軽減によるコスト削減

CLT を用いた木造のコスト低減要素の例を下表に示す。

表 92 CLT を用いた木造のコスト低減要素の例

削減しうる費目	事例におけるコスト低減方法	該当する事例
材料費	● オーダーメイドの接合金物費用が材料費を圧迫しており、流通製品の普及によるコスト低減を目指すべき	1.1.6
施工費：基礎工事費	● 木造による上部躯体の軽量化により、地盤改良を浅くしても安全性が確保できることから、基礎や地中梁を RC 等と比較して小さくし、基礎工事費を削減【非木造に対する優位性】	1.1.2
施工費：上部躯体工事費（人件費）	● 壁、床、屋根に CLT を、柱、梁、小屋組に製材を用い、使用木質部材及び工数を合理化し、建て方や部材接合などの躯体施工を合理的に行えるよう工夫することでコスト削減	1.1.1
	● 建て方に高度な技術を要さないこと、トラスに掛けて施工時の作業床に使用したこと、屋根版に用いる垂木当の仕舞が無くて済むことにより、躯体工事の施工期間を大幅短縮	
	● 工場での精密製造とプリファブリケーションにより、建て方日数を短縮	
施工費：上部躯体工事費（加工費・輸送費）	● トラック寸法に適した寸法のモジュールを採用することで輸送費を削減。端材を造作材として活用することを通じマザーボード歩留まり率を向上させ、加工費・輸送費を削減	—
施工費：上部躯体工事費（木工事費）	● CLT 屋根版では燃えしろ設計に対応、そのまま天井仕上げ材として用い、木工事費（下地、造作工事の費用）を削減	1.1.4
施工費：上部躯体工事費（架設工事費、人件費）	● クレーンと可動足場を効率的に用いることで、工期を短縮し、仮設工事費を削減	—
施工費：内装工事費	● 床版に用いた CLT をそのまま天井仕上げ材として用いることで内装工事費を削減	—

（注）該当する事例は、上記 1.1 に示した事例の項目番号である。該当する番号がない要素は、複数の事例や文献に基づき考察したもの。

（出所）（公財）日本住宅・木材技術センター「CLT 実証事業の事例に関するコスト分析報告」等より作成

表 93 (参考) 建設コストの比較

建築コストの比較 (直接工事費のみ、消費税を除く)			
構 造	C L T 造	R C 造(壁式構造)	S造(ブレース構造)
m ² 当り単価	249 千円 / m ²	237 千円 / m ²	237 千円 / m ²
m ² 単価割合	100%	95%	95%

C L T 造	C L T コストの内訳	R C 造	S 造
基 礎： 21 千円 / m ²	材 料 費： 43 千円 / m ²	基 礎： 27 千円 / m ²	基 礎： 21 千円 / m ²
軀 体： 93 千円 / m ²	加 工 費： 19 千円 / m ²	軀 体： 45 千円 / m ²	軀 体： 37 千円 / m ²
軀体以外： 90 千円 / m ²	接合金物費： 7 千円 / m ²	軀体以外： 120 千円 / m ²	軀体以外： 135 千円 / m ²
設 備： 36 千円 / m ²	(CLT使用量:293m ³)	設 備： 36 千円 / m ²	設 備： 36 千円 / m ²

- 杭本数は、CLT造及びS造では38本、RC造では52本
- 耐火性能は、CLT造では燃え代設計を採用、S造では耐火被覆及びALC版、RC造ではコンクリート造
- 内装は、CLT造の化粧現し面では、RC造及びS造とも杉板張仕上げ
- 断熱材は、CLT造では断熱性能が高いので無し、RC造及びS造ではフェノールフォームを採用
- 電気設備及び機械設備は、各構造とも同仕様で直接工事費に積算

(出所) 岡山県「CLT 建築コスト調査」(2018 年 3 月)

(<https://www.pref.okayama.jp/uploaded/attachment/232541.pdf>) より転載

2. コスト以外の価値に関する分析

本項では、比較項目の特性に合わせて、建築材料としての比較と、建築物としての比較に分けて分析を行った。

2.1 材料の性能に関する比較

木造及び非木造に用いられる面材の JIS 規格・JAS 規格の比較は下表の通り。寸法や比重、含水率、強度等が規定されている。

表 94 建築材料に用いられる面材に関する JIS/JAS 規格の比較

建築材料の種類	構造用せっこうボード	強化せっこうボード	ALC	窯業系サイディング	直交集成板 (CLT)
主要な構造	S/RC/SRC	RC	S	S	木造
記号など	GB-St-A GB-St-B	GB-F	厚型パネル・一般パネル・平パネル・外壁用	化粧サイディング ・現場塗装用サイディング	強度等級 S120-3-4
説明	強化せっこうボード (GB-F) の性能を保持し、かつ、くぎ側面抵抗を強化したもの ※分類は釘側面抵抗により 2 種類 (A 種、B 種)	せっこうボード (GB-R) の芯に無機質繊維などを混入したもの ※ただし、石綿は除く	厚型パネル (厚さ 75mm 以上 200mm 以下)、一般パネル (小口面の形状が四角形)、平パネル (表面に衣装加工がない)	工場又は現場で、基材の表面に印刷、塗装などの化粧仕上げ (張り仕上げ材を除く) を施したもの 工場で原料の一部として着色材料を混入したもの又は素地のままで使用するものを含む	同一等級構成、3 層 4 プライ ※構成上の分類は、3 層 3 プライ、3 層 4 プライ等の 6 種類を基本
主な用途	耐力壁用の面材	壁及び天井の下地材、防・耐火構造などの構成材	外壁	外壁	壁材、床材
寸法	厚さ 15mm のケース ※分類は 12.5mm から 25.0mm まで 6 種類	厚さ 12.5mm～25mm	厚さ: 100mm 以上 200mm 以下 幅: 2,400mm 以下 長さ: 6,000mm 以下	厚さ 14mm～26mm	厚さ: 36mm 以上 500mm 以下 幅: 300mm 以上 長さ: 900mm 以上
単位面積当たりの質量	13.5～22.5kg/m ²	9.4～24.2 kg/m ²	—	—	—
比重	0.90～1.45	0.75～0.95	450kg/m ³ 超 550 kg/m ³ 未満	—	—
含水率	3%以下	3%以下		20%以下	15%以下
曲げ強度	曲げ破壊荷重 N: 長さ方向 650 以上 幅方向 220 以上	曲げ破壊荷重 N: 長さ方向 500 以上～1000 以上 幅方向 180 以上～380 以上	曲げひび割れ荷重 N: (Wn-Wp)bl 以上 ※説明 Wn 単位荷重[N/m ²]、Wp パネル質量による荷重[N/m ²]、b 一般パネルの幅[m]、	曲げ破壊荷重 N: 785 以上～1000 以上	曲げヤング係数平均値: 9.4 [10 ³ N/mm ²] 曲げ強さ 16.2N/mm ²

建築材料の種類	構造用せっこうボード	強化せっこうボード	ALC	窯業系サイディング	直交集成板 (CLT)
主要な構造	S/RC/SRC	RC	S	S	木造
			1 支点間距離 [m]		
せん断強度	—	—	曲げひび割れ荷重の下限値を加えた際に、目視によってせん断ひび割れの発生がないことを確認	—	樹種がスギの場合、接着層のせん断強さ： 5.4 N/mm ² 以上
耐衝撃性	くぼみの直径が 25mm 以下、かつ、亀裂が貫通してはならない	くぼみの直径が 25 mm 以下で、かつ、亀裂が貫通してはならない	—	貫通する亀裂が生じない	—
耐火炎性	破断して落下しない	破断して落下しない	—	—	—
難燃性又は発熱性	難燃 1 級又は発熱性 1 級	難燃 1 級又は発熱性 1 級	—	難燃 2 級以上	—
熱抵抗	0.042m ² ・K/W 以上	0.052 ～ 0.104m ² ・ K/W 以上	5.3m ² ・K/W 以上		—
その他、特筆すべき性能基準	くぎ面抵抗を規定 (N: 750 以上)	—	—	—	ラミナの強度基準、及び品質基準 (節・穴、腐れ、割れ、変色、曲がり、反りおよびねじれ／等) を規定 接着剤の種類を規定

(注) コンクリート床については、生コンクリート (レディーミクストコンクリート) を現場で固めて施工するのが一般的であり、製品として性能が定められているものではないため、表に含めていない。

(出所) 各製品の JIS/JAS 規格より作成

耐火性能については、個別製品ごとに国土交通大臣認定を取得している状況である。加えて、CLT では、日本 CLT 協会が外壁・間仕切り壁・床のそれぞれについて 2 時間耐火の国土交通省大臣認定を取得している。

大臣認定を取得している材料 (下表) を見ると分かる通り、CLT をはじめとする木材が耐火性能を有するためには、せっこうボードを表面に貼るといった対処が必要であり、木材をあらわしで利用できない点が、木材の有する美観という強みをアピールできないことにつながっている。

表 95 建築材料に用いられる面材に関する JIS/JAS 規格の比較

分類	非木造構造で用いられる面材の例		木造（CLT 工法）で用いられる面材の例						
建築材料の種類	強化せっこうボード	軽量気泡コンクリートパネル（ALC）	直行集成板（CLT）						
製品名（企業名）	耐火ヴァンド 75（アイジー工業株式会社）	FIRDOLA BASE（ケイミュー株式会社）	燃えんウッド®CLT 体力壁（竹中工務店）	—（日本 CLT 協会）					
大臣認定（耐火）	国土交通大臣認定								
用途	外壁（非耐力壁）	壁パネル	耐力壁	外壁（耐力壁）		間仕切壁		床	
構成材料	強化せっこうボード、ロックウール、セラミックファイバー、塗装鋼板	ALC、アンカー	木材（荷重支持部に CLT、燃え代層にスギ/カラマツ/ヒノキ等の JAS 材）、せっこう系セルフレベリング材（燃え止まり層）	強化せっこうボード 3 枚重・人造鈹物繊維断熱材裏張／直交集成板造外壁		両面強化せっこうボード 3 枚重張／直交集成板間仕切壁		強化せっこうボード 3 枚重下張／直交集成板床	
				軽 量 気 泡 コ ン ク リ ー ト パ ネ ル・両 面 薬 剤 処 理 ボ ー ド 用 原 紙 張 せ っ こ う 板 重 表 張	軽 量 気 泡 コ ン ク リ ー ト パ ネ ル・強 化 せ っ こ う ボ ー ド 表 張	人 造 鈹 物 繊 維 断 熱 材 充 て ん	—	強 化 せ っ こ う ボ ー ド 3 枚 重 上 張	強 化 せ っ こ う ボ ー ド 3 枚 重・木 質 ボ ー ド 上 張
規格	働き幅：600mm、900mm 厚さ：75mm 重量：600mm 幅 23kgm ² 、900 mm 幅	厚さ 75mm 以上	厚さ 190mm 以上（燃え代層 30mm、燃え止まり層 70mm、荷重支持部 90mm 以上）	—		—		—	

分類	非木造構造で用いられる面材の例		木造（CLT 工法）で用いられる面材の例			
建築材料の種類	強化せっこうボード	軽量気泡コンクリート パネル（ALC）	直行集成板（CLT）			
	22kgm ²					
耐火性能	防火／45 分準耐火／ 30 分耐火／1 時間耐 火	1 時間耐火	2 時間耐火	2 時間耐火	2 時間耐火	2 時間耐火

（出所）各社・団体ウェブサイトより作成

2.2 建築物における比較

2.1 で部材の特徴を整理したうえで、建築物としての特徴を下表の通り比較分析した。

表 96 非木造・木造建築物における各種特性の比較

	非木造			木造
	鉄骨造	鉄筋 コンクリート造	鉄骨鉄筋 コンクリート造	木造（木質化）
強度	✓ 高強度 ✓ 工場生産による安定品質 ✓ 軽量・重量鉄骨造を選択可	✓ 高強度 ✓ 中高層建築物向けに利用	✓ 高強度 ✓ 高層建築物にも適合	✓ 非木造と比較すると低強度
比重	✓ 軽量	✓ 重量 ✓ 基礎や杭への負担が大きい	✓ 重量 ✓ 基礎や杭への負担が大きい	✓ 軽量
剛性	✓ 不足 ✓ 鉄鋼原料の品質に依存	✓ 高い ✓ 中高層建築物に適する	✓ 高い ✓ 高層建築物にも適合	✓ 高い ✓ 水平耐力が弱く割裂破壊などへの対応が必須

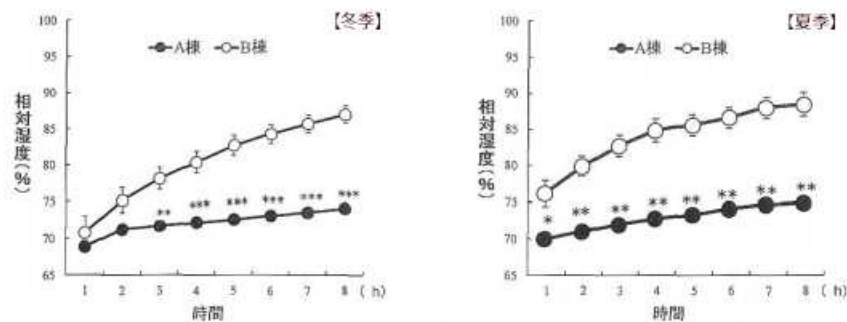
	非木造			木造
	鉄骨造	鉄筋 コンクリート造	鉄骨鉄筋 コンクリート造	木造（木質化）
（施加工性）	✓ 高い ✓ 現場加工を省略可能	✓ 低い ✓ 現場加工・長期間の工期により費用が増大	✓ 低い ✓ 長期間の工期、現場労務量が増大	✓ 高い ✓ 材料が柔らかく加工しやすい ✓ 軽量で輸送・施工が容易。とくに面材の有効利用により施工期間の短縮が可能
耐久性	✓ 高い ✓ 法定耐用年数：軽量：27年 重量：34年	✓ 高い ✓ 法定耐用年数：47年 ✓ コンクリートひび割れ、鉄筋の錆のメンテナンスが必要	✓ 高い ✓ 法定耐用年数：47年 ✓ ひび割れの抑制も可能	✓ 腐食や虫害被害等を受ける（ただし部材の交換は非木造と比較して容易） ✓ 法定耐用年数：22年
耐火性	✓ 高い ✓ 高熱により強度劣化、変形 ✓ 耐火被覆が必要	✓ 高い ✓ 耐火構造が容易	✓ 高い ✓ 耐火構造が容易	✓ 低い ✓ 工法による耐火性能の向上が可能
耐震性	✓ 高い ✓ 揺れが大きい	✓ 高い ✓ せん断する力に弱い	✓ 高い ✓ 高層建築物にも適合	✓ 耐震壁としての活用が可能 ✓ 非木造材料と比較して軽量であるため、振動の影響を受けにくい
調断温熱性	✓ 低い ✓ 外気温の影響大	✓ 高い ✓ コンクリートの気泡性活用	✓ 高い	✓ 高い断熱性を発揮 ✓ 調温効果は、非木造と比較して有意な差はない
調湿性	✓ 低い	✓ 低い ✓ カビや結露の発生可能性有	✓ 低い ✓ カビや結露の発生可能性有	✓ 高い
遮音性	✓ 平均的 ✓ 遮音性が低く振動の影響大	✓ 高い ✓ 遮音性・防振性に優れる	✓ 高い ✓ 遮音性・防振性に優れる	✓ 低い

	非木造			木造
	鉄骨造	鉄筋 コンクリート造	鉄骨鉄筋 コンクリート造	木造（木質化）
（美観） 意匠性	✓ 木造と比較して相対的に低い（デザイン次第）	✓ 木造と比較して相対的に低い（デザイン次第）	✓ 木造と比較して相対的に低い（デザイン次第）	✓ 高い
快適性	✓ 木造と比較して相対的に低い	✓ 木造と比較して相対的に低い	✓ 木造と比較して相対的に低い	✓ 高い ✓ 「快適」「あたたかい」といった印象を与える
（脱炭素） 環境価値	✓ 木造と比較して相対的に低い（ライフサイクル GHG 排出量が多い） ✓ 鉄の循環利用による環境価値の改善が図られている	✓ 木造と比較して相対的に低い（ライフサイクル GHG 排出量が多い） ✓ 鉄の循環利用による環境価値の改善が図られている ✓ 低炭素型の環境コンクリートの利用には技術面で課題が残る	✓ 木造と比較して相対的に低い（ライフサイクル GHG 排出量が多い） ✓ 鉄の循環利用による環境価値の改善が図られている ✓ 低炭素型の環境コンクリートの利用には技術面で課題が残る	✓ 高い ✓ 原料の木材がカーボンニュートラル ✓ 加工・建築等に係るライフサイクル GHG 排出量が非木造の材料・建築物と比較して小さい

強度については、木造は非木造に劣るものの、材料の軽さ・加工しやすさを活かして建築過程における施工性の高さ（施工期間を短くできる）といったメリットを発揮できることや、地震の揺れによる影響が少ないという特徴が見てとれた。

建築物と温度の関係性について、木材は熱伝導率が低く、断熱性に優れているという特徴を有する。木材が細胞の集合体であり、細胞の中に含まれる空気が断熱効果を発揮していることが理由の1つと考えられている。一方で、建物空間内の調湿効果については、木造と非木造で顕著な差は見られないといった研究結果が多い。

木材利用により高い調湿効果を発揮することは、科学的にも示されている。株式会社安成工務店らによる実験によると、内装に無垢の木材を用いた部屋（下図 A 棟）と、木目調のビニルクロスを用いた部屋（同 B 棟）で睡眠時の湿度を測定したところ、実験の時期（夏季・冬季）に関わらず前者の方が湿度が低く抑えられたとの結果であった。睡眠時の発汗による湿度の上昇を無垢材の吸湿作用が抑えたと考えられ、調湿効果を有することが示された。



内装の違いによる室内の湿度変化／A 棟（無垢材）のほうが B 棟（木目調のビニルクロス）よりも湿度が低く保たれている。

（図中の＊は A 棟と B 棟に明白な差が認められたことを示す）

出典／本傳晃義ほか：日本木材学会九州支部大会講演集，23，Ⅱ-13-7（2016）

図 117 睡眠時、内装の異なる部屋の季節ごとの湿度比較

（出所）林野庁「科学的データによる木材・木造建築物の Q&A」（2017 年 3 月）より転載

木造建築は、非木造建築に比較して、視覚的かつ触覚的に柔らかで温かみのある空間をもたらし、さらには室内の湿度変化の緩和、使用する木材の匂いによる心理的な影響を与え、人間にとって快適な居住空間を与える性質を有していると考えられる。

内装に木材を使用することにより「快適」「あたたかい」といった好印象を与えるという研究結果が示されている。木質化した空間とそうでない空間の写真を被験者に見せ、似た写真をグループ化させたうえでその理由を聞き取り、その内容をテキストマイニングで分析・解析した結果、内装木質化された部屋とそうでない部屋では明確に印象が分かれていること、木材を利用した空間については「あたたかい」「友好的」「明るい」「快適」「静か」といった好印象な単語が関連付けられているとの結果であった（下図）。

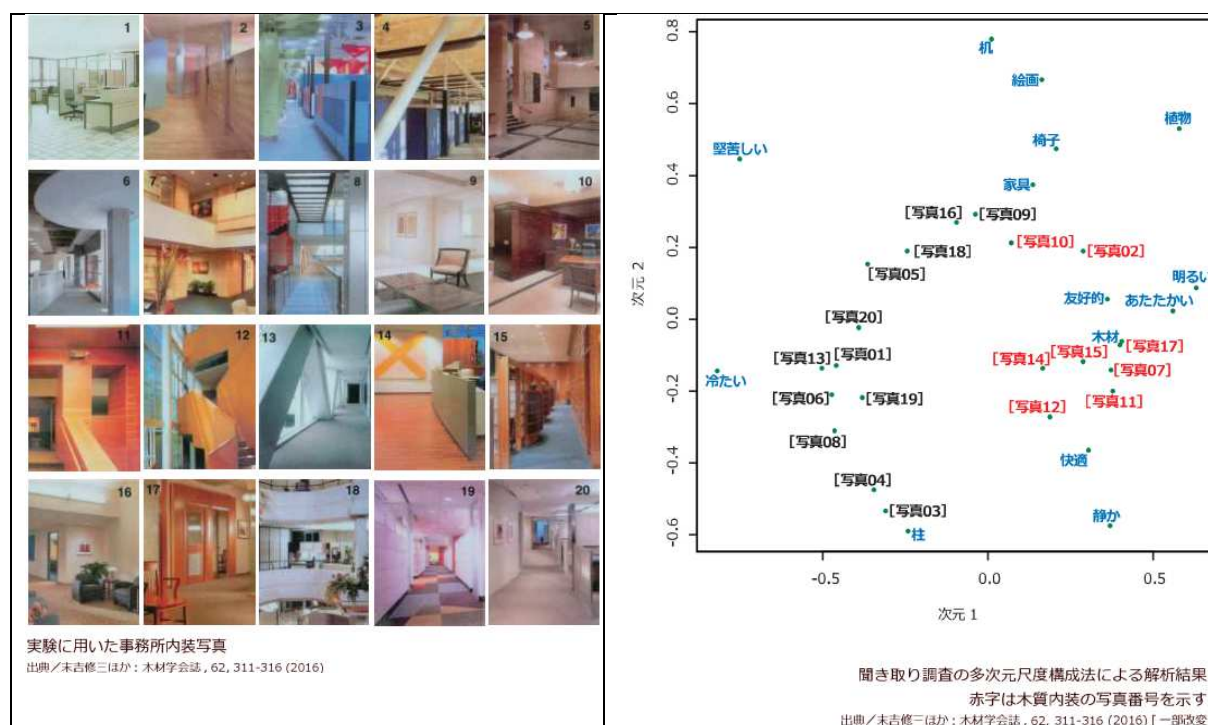


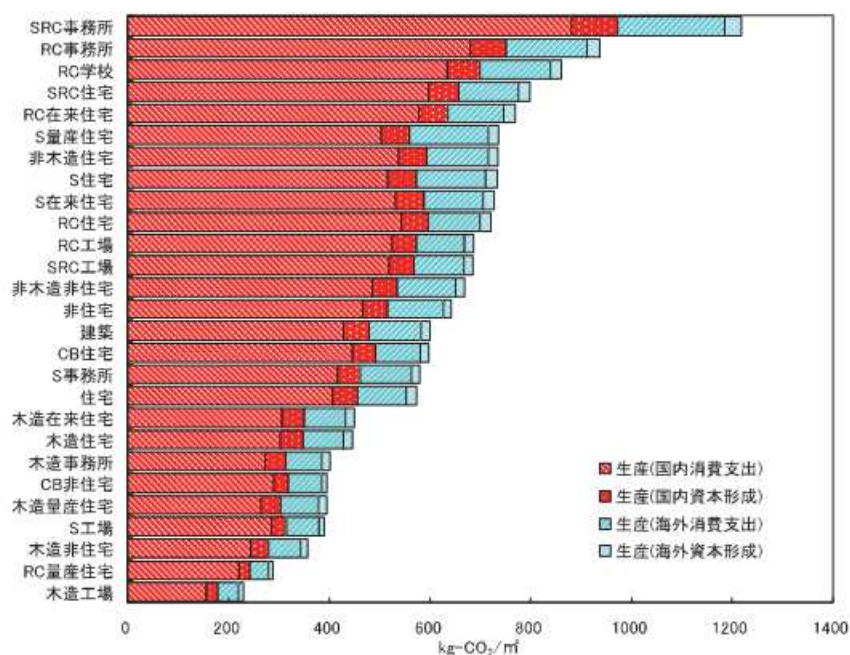
図 118 内装木質化に対する印象に関する実験結果

（出所）林野庁「科学的データによる木材・木造建築物の Q&A」（2017 年 3 月）より転載

木造建築が有している人間に与える感覚的な効果は、必ずしも定量的に把握することは困難であるが、例えば、木材の匂い成分によるストレスの緩和や免疫細胞の活性化に好影響を与えたり、生活の快適性や正常な生理的応答を促すことが示唆されている⁶⁷。

また、気候変動対策としての環境価値については、木造はカーボンニュートラルな原料である木材を使っているという点で、高い価値を発揮する。建築工事に係る CO₂ 排出量の比較研究結果は下図の通りであり、用途別にみるといずれも SRC 造、RC 造、S 造、木造の順に CO₂ 排出量が多い結果となっている。

⁶⁷ 林野庁「科学的データによる木材・木造建築の Q&A」
(<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/attach/pdf/handbook-24.pdf>)



建築工事に係る床面積当たりのCO₂排出量推計値の構造別比較

建築工事の投入金額（生産者価格表）に、516部門別の環境負荷原単位（1995年値）を乗じて求めた、建築物の床面積当たりのCO₂排出量

出典／「建物のLCA指針」，日本建築学会，p.158（2006）

図 119 建物の用途別・構造別の建築工事に係るCO₂排出量の比較

（出所）林野庁「科学的データによる木材・木造建築物のQ&A」（2017年3月）より転載

さらに、世界でも有数の森林大国である我が国が、積極的に木材を利用することで、環境負荷低減や森林保全、木の文化の継承、森林地域の活性化といった、建築物から派生した目に見えない波及効果がもたらされる可能性も考えられる。

第3章 等方性大断面部材の海外展開に関する調査

既に中大規模の木造・木質化建築物の建築が進んでいる欧米と、今後そうした取組が進む可能性のあるアジアの2地域を海外展開の候補に設定し、注力すべき国を選定したうえで、それぞれの木材利用の実態や今後の意向を明らかにし、販売戦略を検討・提示する。

調査対象国は、以下の通り。

- 欧米：米国、フィンランド
- アジア：台湾、シンガポール、ベトナム

I. 調査対象国・地域の木材貿易量・生産量等の状況

1. 世界の木材取引量の実績と予測

世界的には木材需要が拡大すると予測されており、特に製材や合板など木製品の消費量の増加が見込まれている。2050年の木材取引量の伸び率（対2015年比）は、欧州、中国、南アジア、熱帯地域で大きくなっている。

表 97 世界の木材取引量の実績と予測

	2015 年（実績（億 m ³ ））					2050 年（予測（億 m ³ ））				
	丸太		製材	合板等※	木質ボード	丸太		製材	合板等※	木質ボード
	産業用	燃料用				産業用	燃料用			
ヨーロッパ	6	1	2	0.2	1	9	2	3	0.4	2
北米	5	0.5	2	0.3	0.5	6	0.5	2	0.4	0.7
中国	3	2	2	2	1	6	2	3	6	5
南アジア	0.6	4	0.2	0.1	0.1	1	3	0.4	0.3	0.2
熱帯地域	4	10	1	0.3	0.3	5	7	2	0.9	0.8
その他地域	1	0.8	0.8	0.3	0.4	1	0.7	1	0.5	0.8
世界計	19	18	9	3	4	28	15	11	8	9

※合板等は、合板と単板が含まれる。

（出所）林野庁「木材輸出をめぐる状況」2024年5月、5頁（元データは、ITTO, “Tropical Timber 2050”）

また、調査会社によると世界の直交集成板（CLT）の市場規模も拡大が予測されており、全世界で2020年は15億7,550万ドルであったものが2032年には37億3,590億ドルと倍増

するとされている⁶⁸。

2. 調査対象国・地域の木材生産量、貿易量、名目消費量

調査対象国・地域の木材消費規模の概観をつかむため、国連食糧農業機関（FAO）のオンライン統計データベースである FAOSTAT を用いて、フィンランド、米国、ベトナム、台湾、シンガポールの丸太、製材、合板の貿易量、生産量、名目消費量⁶⁹（生産量＋輸入量－輸出量）を算出した（表 98、表 99、表 100）。5 か国・地域の中では、丸太、製材、合板のいずれでも米国の名目消費量が最大で、輸入量で見ても丸太を除いて米国が最大の輸入国であり、米国の市場規模として大きさがうかがわれる。

丸太については、名目消費量は国内生産量が最も多い米国が最大で、輸入量ではフィンランドが最大となっている。

⁶⁸ Allied Market Research, “Cross Laminated Timber Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Layer type, by Structure type, by Application : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032,” <https://www.alliedmarketresearch.com/cross-laminated-timber-market-A11967>

⁶⁹ 名目消費量は調査対象国・地域の市場規模の比較やおおまかな傾向把握のため算出したものであり、各国・地域の節で示すデータとは値が異なっていることに留意いただきたい。

表 98 丸太 (roundwood) の貿易量・生産量・名目消費量の推移 (単位: m³)

	2010	2015	2020	2021	2022
台湾		2,060,179	1,985,134	1,985,134	1,925,016
輸出量	18,933	24,849	5,151	5,151	1,401
輸入量	938,167	559,698	514,275	514,275	457,907
生産量	1,457,790	1,475,632	1,465,708	1,465,708	1,465,708
名目消費量	2,377,024	2,010,481	1,974,832	1,974,832	1,922,214
フィンランド					
輸出量	501,939	842,183	1,264,373	1,119,099	1,804,139
輸入量	6,407,984	5,730,060	6,462,947	6,441,412	3,031,758
生産量	52,124,600	59,410,884	60,127,936	66,713,896	65,637,338
名目消費量	58,030,645	64,298,761	65,326,510	72,036,209	66,864,957
シンガポール	52,067	73,287	115,490	288,950	263,314
輸出量	2,903	5,533	37,664	125,986	54,165
輸入量	16,365	37,590	50,004	135,582	182,199
生産量	32,799	30,164	27,822	27,381	26,950
名目消費量	46,261	62,221	40,162	36,977	154,984
米国					
輸出量	11,839,907	11,931,500	7,355,169	9,429,098	7,491,012
輸入量	899,969	1,341,350	1,422,285	898,026	1,021,380
生産量	376,571,676	399,023,412	429,700,023	453,530,088	458,773,695
名目消費量	365,631,738	388,433,262	423,767,139	444,999,016	452,304,063
ベトナム					
輸出量	148,383	107,568	30,244	25,332	20,672
輸入量	898,320	1,913,097	2,140,273	2,528,707	2,450,381
生産量	45,700,000	53,335,420	61,335,420	66,335,420	65,335,420
名目消費量	46,449,937	55,140,949	63,445,449	68,838,795	67,765,129

※名目消費量: (生産量+輸入量) - 輸出量

(出所) FAOSTAT をもとに MURC 作成

製材については、名目消費量も輸入量もいずれも米国が最大となっている。

表 99 製材 (sawnwood) の貿易量・生産量・名目消費量の推移 (単位: m³)

	2010	2015	2020	2021	2022
台湾					
輸出量	31,271	18,237	15,172	15,172	3,894
輸入量	1,149,338	1,275,739	1,222,398	1,222,398	1,426,415
生産量	16,000	37,700	37,700	37,700	37,700
名目消費量	1,134,067	1,295,202	1,244,926	1,244,926	1,460,221
フィンランド					
輸出量	5,838,119	7,880,855	8,217,919	8,735,857	8,576,479
輸入量	627,303	426,690	600,101	577,897	333,764
生産量	9,473,000	10,640,000	10,916,000	11,966,000	11,273,000
名目消費量	4,262,184	3,185,835	3,298,182	3,808,040	3,030,285
シンガポール					
輸出量	45,901	44,602	17,649	19,920	19,764
輸入量	231,007	146,282	125,311	129,462	113,747
生産量	25,000	1,000	1,000	1,000	1,000
名目消費量	210,106	102,680	108,662	110,542	94,983
米国					
輸出量	4,959,766	6,297,818	5,470,057	6,257,584	6,104,031
輸入量	16,575,803	24,449,069	26,260,449	27,678,695	26,999,912
生産量	60,013,400	76,362,000	79,133,603	80,705,000	81,676,000
名目消費量	71,629,437	94,513,251	99,923,995	102,126,111	102,571,881
ベトナム					
輸出量	229,426	565,068	227,408	148,484	166,398
輸入量	1,125,521	1,902,238	2,826,350	2,288,731	1,780,911
生産量	5,236,700	4,526,000	5,435,200	5,500,300	5,511,300
名目消費量	6,132,795	5,863,170	8,034,142	7,640,547	7,125,813

※名目消費量: (生産量+輸入量) - 輸出量

(出所) FAOSTAT をもとに MURC 作成

合板についても、名目消費量も輸入量もいずれも米国が最大となっている。

表 100 合板（plywood）の貿易量・生産量・名目消費量の推移（単位：m³）

	2010	2015	2020	2021	2022
台湾					
輸出量	35,893	45,210	25,371	25,371	25,371
輸入量	862,792	670,895	573,604	573,604	573,604
生産量	164,000	164,000	164,000	164,000	164,000
名目消費量	990,899	789,685	712,233	712,233	712,233
フィンランド					
輸出量	833,495	980,743	828,478	955,493	900,051
輸入量	109,436	81,670	127,825	121,649	87,188
生産量	980,000	1,150,000	990,000	1,130,000	1,110,000
名目消費量	255,941	250,927	289,347	296,156	297,137
シンガポール					
輸出量	47,751	36,520	10,109	20,067	22,447
輸入量	277,397	291,805	157,330	173,012	173,012
生産量	280,000	6,000	2,000	2,000	2,000
名目消費量	509,646	261,285	149,221	154,945	152,565
米国					
輸出量	871,100	643,000	528,490	758,930	771,420
輸入量	2,550,803	4,253,000	6,460,500	8,085,550	6,259,120
生産量	9,396,930	10,971,600	9,499,533	9,704,858	9,254,046
名目消費量	11,076,633	14,581,600	15,431,543	17,031,478	14,741,746
ベトナム					
輸出量	178,844	641,053	2,046,000	2,889,000	2,740,000
輸入量	191,880	242,308	604,000	549,000	358,000
生産量	195,000	600,000	2,650,000	3,750,000	3,570,000
名目消費量	208,036	201,255	1,208,000	1,410,000	1,188,000

※名目消費量：（生産量＋輸入量）－ 輸出量

（出所）FAOSTAT をもとに MURC 作成

2020 年時点での CLT 生産能力は 280 万 m³ と推計されている。欧州と北米で生産能力の 9 割超を占めている。2019 年には、生産量の 8 割以上がオーストリア、チェコ、ドイツ、イタリア、スイスが占めていたとする推計もある⁷⁰。

表 101 CLT の地域別生産能力（2020 年）

	世界全体	欧州	北米	オセアニア	アジア
生産能力（m ³ ）	2.8	1.34	1.20	0.17	0.08
全生産能力に占める割合	-	48%	43%	6%	3%

（出所）State of Maine DECD, “Cross Laminated Timber Market Profile,” p.3 をもとに MURC 作成、

⁷⁰ State of Maine DECD, “Cross Laminated Timber Market Profile,” p.3,
<https://www.maine.gov/decd/sites/maine.gov/decd/files/inline-files/Market%20Profile%20-%20-%20Cross%20Laminated%20Timber.pdf>

3. 日本からの木材輸出状況（2023 年）

日本の木材（特に建材）の輸出ポテンシャルを把握するため、日本の木材輸出の状況を概観する。表 102 は 2023 年の日本の主な木材の輸出相手国ランキングであり、建材を見ると、最大の輸出相手国は米国で建材輸出額全体の 8 割以上を占めている。次いで、台湾、韓国、フィリピンとなっている。これら 4 カ国・地域で建材輸出のほぼ全てを占めており、対照的に欧州地域には日本の木材がほとんど輸出されていないことが見て取れる。

表 102 2023 年日本の木材輸出相手国ランキング（単位：千円）

輸出金額順位	輸出先国	製材	合板等	建材※	建具・内装材
1	中国	1,499,206	473,661	0	573,164
2	フィリピン	1,068,644	9,667,853	17,109	68,116
3	米国	2,192,178	19,349	586,937	1,303,424
4	韓国	493,464	30,600	35,469	265,940
5	台湾	625,906	14,454	70,614	206,562
6	インドネシア	249,106	14,119	0	0
7	ベトナム	94,650	3,176	0	17,212
8	タイ	165,490	11,049	0	34,888
9	香港	2,887	957	0	4,676
10	シンガポール	1,591	618		19,639
11	英国	13,397	5,403		18,671
12	フランス	1,553			27,994
13	メキシコ				
14	ドイツ				
15	オランダ	14,109			16,502
16	イタリア				32,889
17	オーストラリア	10,872			19,725
18	オマーン	2,460	2,776		87,174
19	インド	550			
20	カナダ	6,400	3,167		16,540
21	アラブ首長国連邦	3,248	646		1,376
22	カンボジア	1,172			

輸出金額順位	輸出先国	製材	合板等	建材※	建具・内装材
上位 22 カ国計		6,446,883	10,247,828	710,129	2,714,492
2023 年 輸 出 額 合 計 (全 83 カ国)		6,489,755	10,252,026	710,129	2,778,416

※建材に構造用集成材や CLT が含まれる。

(出所) 林野庁「木材輸出をめぐる状況」(2024 年 5 月)

表 103 2023 年の日本の CLT 輸出相手国

国名	数量 (KG)	金額 (千円)
台湾	75,273	27,266
アメリカ合衆国	897,619	418,950

※HS コード : 4418.82

(出所) 財務省貿易統計をもとに MURC 作成

II. 調査対象国・地域における木材利用の動向

1. 米国

1.1 木材消費動向

米国農務省のレポートによると、2019 年の米国の木材製品消費量は約 1 億 5,140 万 m³ であった。同年の米国の木材市場のうち 7 割を建築関係が占めている。林野庁によると、スギは外構材としての需要が高く、特にウエスタンレッドシダーの代替材として需要があり、今後も資源量不足から日本のスギに対する代替需要が高まるとしている⁷¹。

建築関連における木材の主な用途は戸建て新築と中古住宅のリフォームである。木材の消費割合をエンドユーザー別に見ると、一戸建て物件 (single-family) 向けが木材消費割合全体の 26%、住宅修繕・改築 (Residential repair and remodeling) が同 28% となっており、この 2 つで米国の木材消費の過半以上を占めている。

木材は構造材として消費される他、デッキ材等の外構材、内装材としても消費されている。製品形態別では、構造用針葉樹製材が消費割合の半分以上を占め広葉樹製材、合板、OSB (Oriented Strand Board)、非構造用パネルと続いている⁷²。

また、後述のとおり、近年はマスティンバー建築物が増加しており、建築基準の面でも構造建築物への木材利用が認められてきている。

⁷¹ 林野庁「木材輸出をめぐる状況」2024 年 5 月、<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/yusyutu/attach/pdf/mokuzai-yusyutsu-4.pdf>、22 頁。

⁷² 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査 (米国) 報告書詳細版」(林野庁委託事業) 2022 年、36 頁。

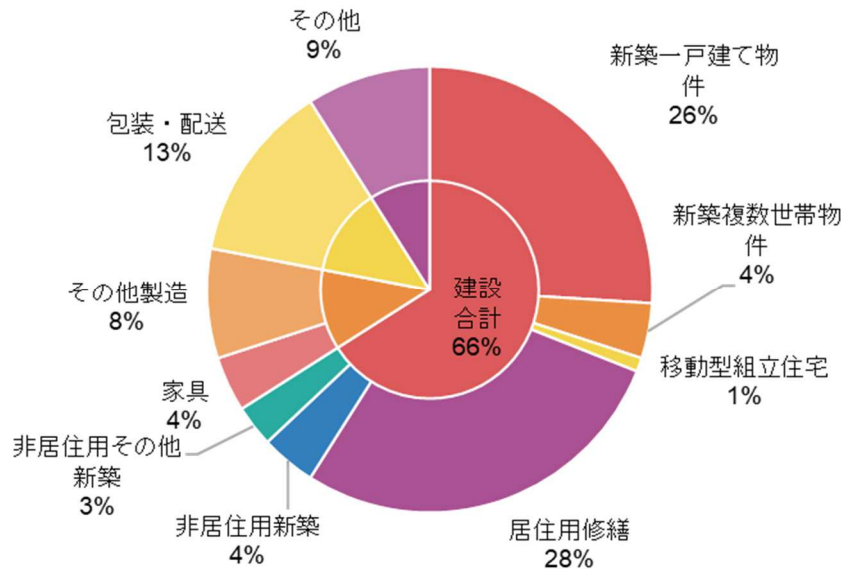


図 120 米国の木材消費割合 (エンドユーザー別、2019 年)

(出所) Consuelo Brandeis et.al.(USDA), “STATUS AND TRENDS FOR THE U.S. FOREST PRODUCTS SECTOR: A Technical Document Supporting the Forest Service 2020 RPA Assessment,” 2021, p.11

表 104 米国の木材消費量の推移 (エンドユーザー別、単位：100m³)

年	木材製品消費合計	新築物件				居住用修繕	非居住用新築			建築合計	製造業			包装・配送	最終消費合計	その他
		新築一戸建て物件	新築複数世帯物件	移動型組立住宅	合計		非居住用新築	非居住用その他新築	合計		家具	その他	合計			
1959	93.776	28.203	3.453	0.514	32.169	8.572	4.689	4.394	9.083	49.824	8.008	3.754	11.762	10.08	71.666	22.11
1969	104.474	25.866	9.602	2.397	37.865	11.796	6.951	5.59	12.541	62.202	10.323	4.184	14.507	12.252	88.961	15.513
1979	127.819	41.964	6.616	2.845	51.424	20.169	7.73	5.847	13.577	85.17	9.708	9.16	18.868	17.08	121.118	6.701
1989	153.679	39.804	4.591	2.638	47.032	38.072	9.801	4.125	13.927	99.031	13.992	8.707	22.699	14.635	136.364	17.314
1999	178.84	51.059	4.754	6.077	61.891	35.698	10.708	3.293	14.001	111.589	19.996	10.27	30.265	16.268	158.123	20.717
2000	178.894	48.674	4.787	4.81	58.27	37.415	11.471	3.42	14.891	110.576	19.302	10.557	29.859	16.385	156.821	22.074
2001	174.312	50.61	4.835	4.022	59.467	37.447	10.975	3.5	14.476	111.389	16.582	9.545	26.128	13.93	151.447	22.865
2002	180.151	53.011	5.03	3.809	61.85	40.223	9.735	3.508	13.243	115.315	15.471	9.163	24.634	14.254	154.204	25.948
2003	180.829	57.629	5.059	2.93	65.618	39.92	9.383	3.25	12.633	118.171	13.658	9.119	22.777	13.716	154.665	26.164
2004	197.539	61.679	4.995	3.317	69.991	43.545	9.815	3.185	13.001	126.537	13.068	9.383	22.451	14.572	163.56	33.98
2005	201.116	66.603	5.315	3.766	75.685	45.196	10.255	3.275	13.53	134.411	11.67	9.94	21.61	15.194	171.215	29.902
2006	191.695	56.866	5.146	3.161	65.173	46.411	11.477	3.518	14.994	126.578	10.31	10.185	20.495	16.163	163.236	28.459
2007	167.416	42.188	4.629	2.369	49.186	46.597	12.88	3.59	16.47	112.252	9.329	9.166	18.495	17.513	148.26	19.156
2008	127.563	24.682	4.157	1.832	30.672	35.492	13.385	3.437	16.823	82.987	8.778	9.154	17.932	17.098	118.017	9.546
2009	104.249	17.993	1.558	1.106	20.657	32.465	7.92	3.65	11.57	64.692	5.804	8.74	14.545	15.041	94.278	9.971
2010	104.356	18.693	1.519	1.578	21.789	31.684	5.152	3.036	8.188	61.661	5.067	11.082	16.149	15.657	93.467	10.889
2011	108.638	17.98	2.352	1.431	21.763	29.706	4.596	2.564	7.16	58.629	5.06	12.206	17.267	15.951	91.847	16.791
2012	113.797	20.999	3.286	1.524	25.81	30.038	4.02	2.844	6.863	62.711	5.07	12.463	17.532	16.115	96.358	17.438
2013	124.366	25.452	4.001	1.577	31.03	32.989	4.04	2.744	6.784	70.803	6.342	12.536	18.878	16.648	106.329	18.037
2014	135.694	27.695	4.843	1.544	34.082	35.317	4.379	2.929	7.308	76.707	6.163	12.503	18.666	18.067	113.44	22.254
2015	141.174	31.343	5.357	1.616	38.316	36.816	5.02	3.403	8.423	83.556	7.019	11.717	18.736	19.404	121.696	19.478
2016	146.011	34.519	5.621	1.836	41.976	38.521	5.459	3.515	8.973	89.47	7.297	11.305	18.601	19.299	127.37	18.641
2017	148.081	37.924	5.059	1.96	44.943	38.333	5.56	3.245	8.805	92.081	6.521	11.622	18.143	19.492	129.715	18.366
2018	150.155	38.956	5.402	2.06	46.417	39.338	5.703	3.45	9.153	94.908	6.511	12.093	18.604	19.604	133.116	17.038
2019	151.401	39.081	5.605	2.122	46.807	42.304	5.79	3.9	9.69	98.802	6.75	11.984	18.734	19.753	137.289	14.113

(出所) Consuelo Brandeis et.al.(USDA), “STATUS AND TRENDS FOR THE U.S. FOREST PRODUCTS SECTOR: A Technical Document Supporting the Forest Service 2020 RPA Assessment,” 2021, p.12

2017 年の文献というやや古いデータではあるが、米国における CLT の年間の市場ポテンシャルは 210 万 m³ から 640 万 m³ になるとの推計がある⁷³。前述のとおり、2020 年当時の世界の CLT 生産能力が 280 万 m³ との推計もあり (表 101)、これらの推計が正しければ、米

⁷³ R. Edward Thomas and Urs Buehlmann, “Using Low-Grade Hardwoods for CLT Production: A Yield Analysis,” 2017, p.199, <https://research.fs.usda.gov/treesearch/55018>

国の市場ポテンシャルは当時の世界の生産能力全体を上回る規模である可能性がある。

1.2 主なコンテナ船寄港可能海港

米国の主なコンテナ船寄港可能海港は以下のとおりである。

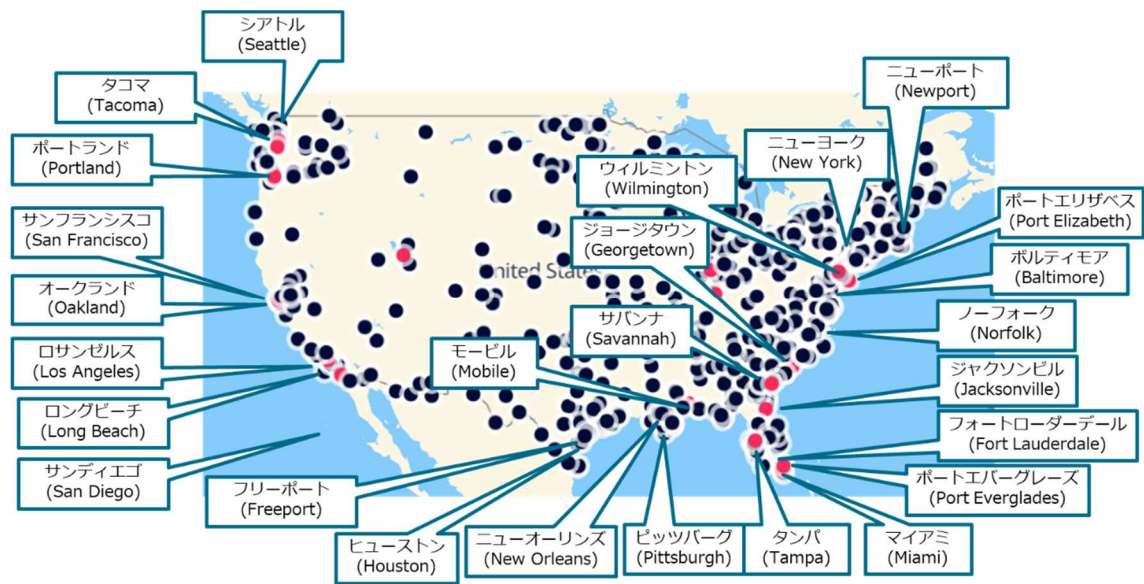


図 121 アメリカの主なコンテナ船寄港可能海港

(出所) SEARATES をもとに MURC 作成 (https://www.searates.com/maritime/united_states)

1.3 直近の木造・木質化建築物の普及状況と建築基準

1.3.1 直近の木造・木質化建築物の普及状況

2024 年 9 月時点におけるマスティンバー建築プロジェクトは建設開始済・竣工済みが 1,114 件、計画中が 1,139 件となっている。2021 年 12 月時点ではそれぞれ 603 件と 700 件であり、マスティンバー建築の拡大傾向を見て取ることができる。

2024 年 9 月時点でのプロジェクト件数の半数超を CLT が占めている。

表 105 マスティンバー建築プロジェクトの件数

ステータス	建設開始済または竣工済	計画中	建設開始済または竣工済	計画中
年月	2021 年 12 月		2024 年 9 月	
直交集成材 (CLT)	284	400	606	674
木ダボ接合積層材 (DLT)	—	—	32	9
重量木デッキング (Heavy Timber Decking)	—	—	184	26
釘接合集成材 (NLT)	—	—	21	7

ステータス	建設開始済または竣工済	計画中	建設開始済または竣工済	計画中
年月	2021 年 12 月		2024 年 9 月	
ポスト&ビーム (Post & Beam)	—		271	423
合計	603	700	1,114	1,139
総合計		1,303	2,253	

(出所) 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022 年、42 頁及び Wood Works, “Mapping Mass Timber,” <https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/WoodWorks-Mass-Timber-Projects-Sept-2024.png>

マスティンバー建築プロジェクト件数の推移を見ると、2010 年代半ばから件数が大きく増えており、2024 年に至るまで増加傾向にある。林野庁の委託調査報告書によると、米国森林局が 2010 年代半ばに CLT を利用した建築物への支援を開始したとされており、こうした支援策がマスティンバー建築プロジェクトの増加につながっている可能性がある（なお、2014 年の支援開始当時は、米国内の CLT 利用建築物は数件、CLT 製造工場がなかったとされている）⁷⁴。

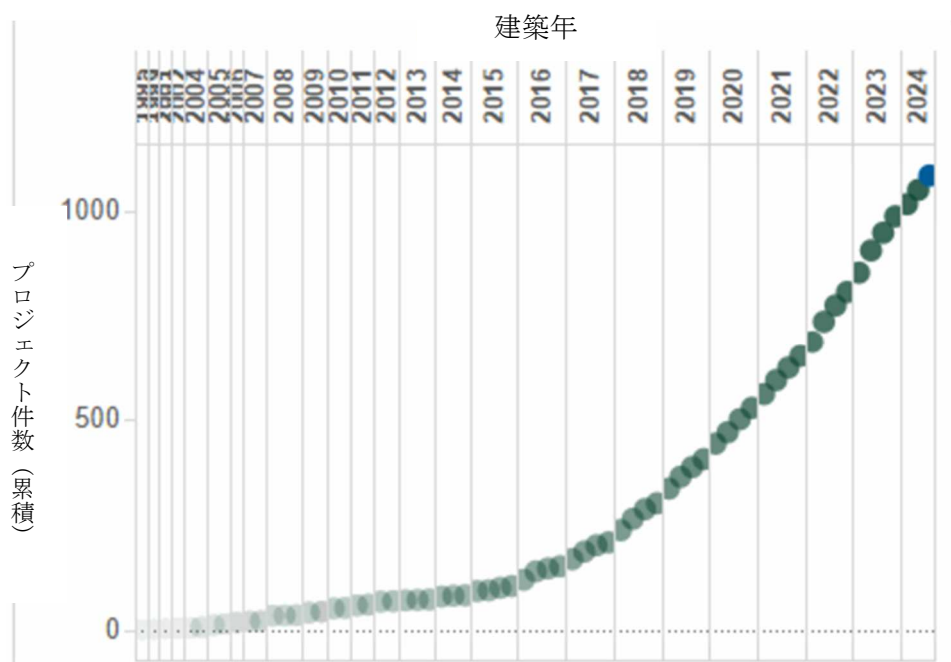


図 122 マスティンバー建築プロジェクトの件数の推移（建設開始済または竣工済）

(出所) Wood Works, “Mapping Mass Timber,” <https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/WoodWorks-Mass-Timber-Projects-Sept-2024.png>

⁷⁴ 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022 年、42 頁

1.3.2 マスティンバー利用を促進する支援策

米国政府は、マスティンバーや高層木造建造物の開発・導入を含む木材製品イノベーションを促進するための財政的・技術的支援を実施しているが、その一つとして米国森林局（Forest Service）の「木材イノベーション助成プログラム（Wood Innovation Grant Program）」がある。

木材イノベーション助成プログラムは、2015年に開始された木材製品及び木材エネルギー市場拡大を支援するためのコストを分担する競争的助成金である。2025年度は総額800万ドル、プロジェクト1件当たり30万ドルが上限となっている（例外あり）。特に重点が置かれているのが、マスティンバー、再生可能な木材エネルギー、有害な燃料の削減と持続可能な森林経営を支援する技術開発である⁷⁵。

本プログラムには2つのカテゴリーがある⁷⁶。一つは、木材製品市場の拡大と加速（Wood Products Market: WPM）であり、商業的建設市場またはその他の革新的な木材製品を使用する市場を支援するプロジェクトを支援するものである。具体的には、革新的な木材建築材料の使用に関する研修やアウトリーチの実施、革新的な木材製品を組み込んだ新しい建築基準の策定の促進、地域・国の市場戦略及び能力の開発、革新的な木材材料を使用した商業的建設プロジェクトが含まれる。

もう一つは、木材残渣を暖房、冷房、電力に利用する木材エネルギー市場（Wood Energy: WE）の拡大と加速である。これには、セクターや地域を横断する木材エネルギーポテンシャルの実現可能性評価、木材エネルギープロジェクトのクラスターの開発、木材エネルギープロジェクトの開発タスク（許可、エンジニアリングデザイン、コスト分析）などが含まれる。

マスティンバーに関連する助成プロジェクトには以下のようなものがある。

- マスティンバー製造プロセス及びサプライチェーンの開発
- マスティンバー製品の開発と試験（ブラストレジスタンス（blast resistance）、耐火性、耐震性、音響特性等）
- 低層・中層用途（例：町家、モジュール住宅、中層商業用構造物、仮設軍事構造物、学校）や高層木造建造物、その他のインフラ（例：橋梁）のためのマスティンバー建築技術の開発とマスティンバー建築物の建設
- マスティンバー市場、マスティンバー製造と建設の経済性、マスティンバー製品のライフサイクルの分析
- 高層木造建築物やマスティンバーのためのアウトリーチや研修の実施

プロジェクトの一例として、米国木材協議会（American Wood Council: AWC）が木材イノベーション助成プログラムの助成を得て実施した CLT を含むマスティンバーの耐火性能実験を挙げる。2021年時点では国際建築基準（International Building Code: IBC）で防火目的か

⁷⁵ Forest Service, “Wood Innovations,” <https://www.fs.usda.gov/science-technology/energy-forest-products/wood-innovation>

⁷⁶ Congressional Research Service, “Mass Timber: Overview and Issues for Congress,” October 12, 2023, pp.18-19

ら高層建築物における露出したマスティンバー（CLT 含む）の使用が制限されていた。木材イノベーション助成プログラムの助成を得た実験によって激しい火災でも露出したマスティンバーは耐火性能が十分であることが証明され、この実験の成果もあって 2024 年に 12 階建ての建築物の天井でマスティンバーを露出して使用することが認められることにつながったとしている⁷⁷。

1.3.3 木造建築物の耐火基準

全米共通のモデル建築基準は国際建築基準（International Building Code: IBC）であり、国際基準評議会（International Code Council: ICC）が制定する。ICC は 2015 年に高層木造建築物に関する臨時評議会を設置して、高層建築物への木材利用について議論を開始し 2021 年には、IBC にマスティンバーを利用できる高層建築物の 3 類型（9 階、12 階、18 階）に関する規定や構造タイプとしてタイプ IV-A、IV-B、IV-C が追加されるなど（後述）、従来に比べてマスティンバーを使用した高層建築が容易になるよう改定が行われた。この改定により一定の耐火基準を満たせば事務所や住宅用途で 18 階までの木造建築物を建設することができるようになった⁷⁸。本調査時点では IBC2021 が最新バージョンであり、以下 IBC2021 の耐火基準について記述する。

IBC では、材料や防火装置に応じて建築物を構造タイプ（type of construction）に分類している。構造タイプは I、II、III、IV、V に分かれており、それぞれ A、B に分かれている（タイプ IV は A、B、C、HT）。タイプ I の制限が最も厳しく、タイプ V の制限が最も緩くなっている。

表 106 材料・防耐火の特性に応じた構造物タイプの分類

構造タイプ		不燃性要否
タイプ I	A	耐火等級を満たす不燃材であること Fire-resistance-rated, noncombustible required
	B	耐火等級を満たす不燃材であること Fire-resistance-rated, noncombustible required
タイプ II	A	耐火等級を満たす不燃材であること Fire-resistance-rated, noncombustible required
	B	耐火等級は不要だが、不燃材であること Nonrated, noncombustible required
タイプ III	A	耐火等級を満たせば可燃材も可。ただし、外壁は耐火等級を満たす不燃材または難燃処理木材であること Fire-resistance-rated, combustible permitted, with fire-resistance-rated, noncombustible or FRTW exterior walls
	B	耐火等級は不要で可燃材も可。ただし、外壁は耐火等級を満たす不燃材または難燃処理木材であること Nonrated, combustible permitted, with fire-resistance-rated, noncombustible or FRTW exterior walls
タイプ IV	A	耐火等級を満たす耐火被覆されたマスティンバーであること Fire-resistance-rated, protected mass timber
	B	耐火等級を満たす耐火被覆されたマスティンバーであること。一定の現しの

⁷⁷ Forest Service, “Fire Tests Lead to Code Changes Supporting visible Mass Timber Use in Tall Buildings,” <https://www.fs.usda.gov/sites/default/files/USFS-FireSafe-May24.pdf>

⁷⁸ Wood Works, “Tall Wood Buildings in the 2021 IBC: Up to 18 Stories of Mass Timber,” 2022, p.1, <https://www.woodworks.org/resources/tall-wood-buildings-in-the-2021-ibc-up-to-18-stories-of-mass-timber/>

構造タイプ		不燃性要否
		マスティンバーも使用可 Fire-resistance-rated, protected mass timber with limited unprotected elements
	C	耐火等級を満たすこと。現しのマスティンバー可だが、一部は耐火被覆が必要 Fire-resistance-rated, exposed mass timber with limited protected elements
	HT	ヘビーティンバー（重量木） Heavy Timber（※）
タイプ V	A	耐火等級を満たせば可燃材で可 Fire-resistance-rated, combustible permitted
	B	耐火等級不要。可燃材可 Nonrated, combustible permitted

※ヘビーティンバー（重量木）は耐火性能を向上させるために、各部材の寸法を大きくしたもの。

（出所）国土交通省「アメリカの建築基準規制」12 頁

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001600671.pdf>)

構造タイプ別の耐火等級は IBC のセクション 601 で以下のとおり定められている⁷⁹。

表 107 構造タイプ別の耐火等級（単位：時間）

	タイプ I		タイプ II		タイプ III		タイプ IV				タイプ V	
	A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
構造 枠組	3	2	1	0	1	0	3	2	2	ヘビー ティン バー (HT)	1	0
外装 (耐火 壁)	3	2	1	0	2	2	3	2	2	2	1	0
内装 (耐火 壁)	3	2	1	0	1	0	3	2	2	HT また は 1	1	0
床	2	2	1	0	1	0	2	2	2	HT	1	0
屋根	1.5	1	1	0	1	0	1.5	1	1	HT	1	0

※「0」は耐火等級がないことを示す。

（出所）Wood Works, “Fire Design of Mass Timber Members Code Applications, Construction Types and Fire Ratings,” 2021, p.4, https://www.woodworks.org/wp-content/uploads/Wood_Solution_Paper-Fire-Design-of-Mass-Timber-Members-WoodWorks-Apr-2019.pdf; 国土交通省「アメリカの建築基準規制」12 頁、<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001600671.pdf>

IBC では火災等の災害による建築物への被害を抑制するため、高さ、階数、延べ面積の制限が設けられている。建築物の高さと床面積の上限は、占有区分（occupancy classification）と構造タイプに基づいて決められる。占有区分の定義はセクション 302 以下で規定されている。

表 108 占有区分と用途

占有区分	用途	占有区分内の グループ	用途
A (Assembly)	集会施設	A-1	映画館、コンサートホール、テレビ・ラジオスタジオ、劇場など
		A-2	宴会場、キャバレー、カジノ、ナイトクラブ、レス

⁷⁹ <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2021P2/chapter-6-types-of-construction>

占有区分	用途	占有区分内のグループ	用途
			トラン、バーなど
		A-3	ゲームセンター、アートギャラリー、ボーリング場、子ども向け（12年生未満）のカフェテリア、75人以上収容可能な教室、コミュニティホール、法廷、ダンススタジオ、葬儀場、講堂、博物館など
		A-4	アリーナ、スケートリンク、プール、テニスコートなど
		A-5	遊園地、野外席、スタンド、スタジアムなど
B (Business)	事務所	—	空港の管制塔、外来診療施設、銀行、理髪店・美容院、クリーニング店、オフィス、郵便局など
E (Educational)	教育施設	—	アカデミー、2歳未満の子どもが2人以上のデイケア施設、図書館の附属施設など
F (Factory and Industrial)	工場	F-1	自動車、家電、アスレチック器具、ベーカリー、飲料（アルコール度数20%超）など
		F-2	飲料（アルコール度数20%以下）、レンガ、セラミックなど
H (High Hazard)	危険物貯蔵施設		（省略）
I (Institutional)	収容施設	I-1	アルコール・薬品センター、生活支援施設など
		I-2	児童養護施設、薬物依存回復支援施設など
		I-3	矯正施設、拘置所、刑務所など
		I-4	成人用デイケア施設、子ども用デイケア施設
M (Mercantile)	商業施設	—	デパート、ドラッグストア、温室、マーケットなど
R (Residential)	居住用施設	R-1	ホテル、モーテルなど
		R-2	共同住宅、下宿・寮（16人超）など
		R-3	下宿・寮（16人以下）など
		R-4	介護付き住宅、グループホームなど
S (Storage)	倉庫	S-1	エアロゾル製品、飛行機格納庫など
		S-2	アスベスト、飲料（アルコール度数20%以下）など
U (Utility and Miscellaneous)	付属建築物等	—	農業用建築物、納屋、カーポートなど

（出所）ICC, “Section 302 Occupancy Classification and Use Designation,”

(<https://codes.iccsafe.org/s/IBC2021P1/chapter-3-occupancy-classification-and-use/IBC2021P1-Ch03-Sec302>)

IBC のセクション 504.3 が占有区分と構造タイプ別の高さの上限について規定している。下記のとおり、スプリンクラーの設置有無やその種類によって高さ制限が緩和されている。例えば、耐火等級を満たす耐火被覆されたマスティンバーで、占有区分が B（オフィスなど）で構造タイプがタイプ IV、建物全体で NFPA1380 のスプリンクラーが設置されていれば、最大で高さ 270 フィート（約 82 メートル）の建築物を建設することができる（なお、次の表 110 にある階数制限も同時に満たさなければならないため、階数を無制限にすることはできない。上記条件の場合は 18 階建てまで建設可能である）。

⁸⁰ NFPA は全米防火協会（National Fire Protection Association）の略称で、NFPA13 は同協会が策定・管理するスプリンクラーの設計と設置に関する規程である。

表 109 高さの上限（単位：フィート（30.48cm））

占用区分	構造タイプ												
	脚注参照	Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
A, B, E, F, M, S, U	NS	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85	75	86	75	270	180	85	85	70	60
R	NS	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S13D	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	40
	S13R	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	S	UL	180	85	75	85	75	270	180	85	85	70	60

注：UL = 無制限；NS = 建築物全体に自動スプリンクラー設備なしの場合；S = 建築物全体に NFPA13 自動スプリンクラー設備ありの場合；S13R = 建築物全体に NFPA13R 自動スプリンクラー設備ありの場合；S13D = 建築物全体に NFPA13D 自動スプリンクラー設備ありの場合

（出所）国土交通省「アメリカの建築基準規制」13 頁

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001600671.pdf>)

表 110 階数の上限

占用区分	構造タイプ												
	脚注参照	Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
A-2	NS	UL	11	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	18	12	6	4	3	2
B	NS	UL	11	5	3	5	3	5	5	5	5	3	2
	S	UL	12	6	4	6	4	18	12	9	6	4	3
M	NS	UL	11	4	2	4	2	4	4	4	4	3	1
	S	UL	12	5	3	5	3	12	8	6	5	4	2
R-2	NS	UL	11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
	S13R	4	4									4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	18	12	8	5	4	3

注：UL = 無制限；NS = 建築物全体に自動スプリンクラー設備なしの場合；S = 建築物全体に NFPA13 自動スプリンクラー設備ありの場合；S13R = 建築物全体に NFPA13R 自動スプリンクラー設備ありの場合

（出所）国土交通省「アメリカの建築基準規制」13 頁

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001600671.pdf>)

表 111 各階の床面積の上限（単位：ft²）

占用 区分	構造タイプ												
	脚注 参照	Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
A-2	NS	U L	U L	15500	9500	14000	9500	45000	30000	18750	15000	11500	6000
	S1	U L	U L	62000	38000	56000	38000	180000	120000	75000	60000	46000	24000
	SM	U L	U L	46500	28500	42000	28500	135000	90000	56250	45000	34500	18000
B	NS	U L	U L	37500	23000	28500	19000	108000	72000	45000	36000	18000	9000
	S1	U L	U L	150000	92000	114000	76000	432000	288000	180000	144000	72000	36000

	SM	U L	U L	112500	69000	85500	57000	324000	216000	135000	108000	54000	27000
M	NS	U L	U L	21500	12500	18500	12500	61500	41000	26625	20500	14000	9000
	S1	U L	U L	86000	50000	74000	50000	246000	164000	102500	82000	56000	36000
	SM	U L	U L	64500	37500	55500	37500	184500	123000	76875	61500	42000	27000
R-2	NS	U L	U L	24000	16000	24000	16000	61500	41000	25625	20500	12000	7000
	S13 R												
	S1	U L	U L	96000	64000	96000	64000	246000	164000	102500	82000	48000	28000
	SM	U L	U L	72000	48000	72000	48000	184500	123000	76875	61500	36000	21000

注：UL = 無制限；NS = 建築物全体に自動スプリンクラー設備なしの場合；S = 建築物全体に NFPA13 自動スプリンクラー設備ありの場合；S1 = 地盤面上の階数が 1 で建築物全体に NFPA13 自動スプリンクラー設備ありの場合；SM = 地盤面上の階数が 2 以上で建築物全体に NFPA13 自動スプリンクラー設備ありの場合；S13R = 建築物全体に NFPA13R 自動スプリンクラー設備ありの場合

(出所) 国土交通省「アメリカの建築基準規制」14 頁

(<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001600671.pdf>)

【日本の耐火基準】

日本において中高層の木造建築物を建設するには建築基準法が定める耐火基準等を満たす必要がある。2000 年の建築基準法の改正により日本でも法的には耐火構造の木質材料が認定される道が開かれるなど、木質構造による耐火建築物の建設は法的に可能である。近年では日本でも耐火基準を満たす木材が開発されているが、欧米諸国に比較して日本で中高層の木造建築物の普及が遅くなった要因として、諸外国よりも厳しい耐火基準の存在が指摘されてきた。例えば、耐火構造については、日本には諸外国に例を見ない「燃え止まり」の規制が存在し、それが中高層木造建築物の日本における普及の阻害要因になっているとの指摘がある⁸¹。

日本では耐火性能に関する技術的基準として以下の要件が定められている。

表 112 日本の建築基準法における耐火性能及び準耐火性能に関する技術的基準

建築物の部分	耐火性能					準耐火性能
	時間					準耐火建築物
	最上階及び最上階から数えた階数が 2 以上で 4 以内の階	最上階から数えた階数が 5 以上で 9 以内の階	最上階から数えた階数が 10 以上で 14 以内の階	最上階から数えた階数が 15 以上で 19 以内の階	最上階から数えた階数が 20 以上の階	
間仕切壁(耐力壁に限る。)	1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分
外壁(耐力壁に限る。)	1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分
柱	1 時間	1.5 時間	2 時間	2.5 時間	3 時間	45 分
床	1 時間	1.5 時間	2 時間	2 時間	2 時間	45 分
はり	1 時間	1.5 時間	2 時間	2.5 時間	3 時間	45 分

⁸¹ 原田寿郎「中層木造建築を可能にしている諸外国の耐火基準」『木材保存』第 37 巻第 2 号、2011 年、

屋根	30 分	30 分
階段	30 分	30 分

(出所) 建築基準法施行令第 107 条の 1 及び 2、https://laws.e-gov.go.jp/law/325CO0000000338/#Mp-Ch_4

耐火建築物とは建築基準法が定める耐火基準に適合する建築物のことであり、建築物の主要構造（壁、柱、床、はり、屋根、階段）を耐火構造として、かつ窓やドアなどの外壁開口部に防火設備を有するという条件を満たした建築物を指す。準耐火建築物は耐火建築物よりも求められる耐火時間が緩和された建築物である。

これを受けて、2021 年時点では、下記の州で高層建築物のマスティンバー利用の州建築基準が規定、またはその検討がなされている⁸²。

表 113 高層建築物におけるマスティンバー利用に関する建築基準の有無（州別）

規定あり	オレゴン州、ワシントン州、コロラド州、ユタ州、カリフォルニア州、ヴァージニア州、テキサス州、メイン州
検討中	アイダホ州、ジョージア州、ウィスコンシン州

(出所) 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022 年、42 頁

IBC の第 23 章「Wood」において、木材を使用する建築物の最低要件 (Minimum requirements) が定められている⁸³。その中の最低基準及び品質 (Minimum standards and quality) (セクション 2303) において使用する木材の要件が示されている。CLT については、APA エンジニアードウッド協会の「ANSI/APAPRG320」に準拠するとされている。この ANSI/APAPRG320 では CLT の樹種要件として米国製材規格委員会 (American Lumber Standard Committee: ALSC) が針葉樹 (softwood) の製材規格である米国針葉樹製材規格 (American Softwood Lumber Standard) PS 20 (ASLS PS20) において認めた樹種にすることを定めているが、2022 年 2 月現在で、スギはこの樹種リストには記載されていない⁸⁴。

1.4 木材流通構造

米国のマスティンバーの流通構造は、中間流通業者がおらず、製造業者から直接建設業者に流通しており、この構造は輸入木材でも同じで、輸入品についても建設業者が直接調達している。

⁸² 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022 年、42 頁

⁸³ <https://codes.iccsafe.org/content/IBC2021P2/chapter-23-wood>

⁸⁴ 有限責任監査法人トーマツ「令和 2 年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022 年、43 頁

1.5 サステナビリティへの意識

1.5.1 米国環境対策認証（LEED）

林野庁の委託事業報告書によると、環境問題への関心の広がり等を受けて、建築分野でもサステナビリティが注目されているとされる。サステナビリティに関する評価については、米国グリーンビルディング協会（U.S. Green Building Council: USGBC）が2000年に策定した米国環境対策認証（Leadership in Energy & Environmental Design: LEED）の認証基準が広く受け入れられており、米国連邦政府の調達基準にも採用されている。

LEED の評価対象は木材ではなく、主に建築物が対象となり、「材料と資源」を含む6つのカテゴリで点数付けされ、最終的にプラチナ（Platinum）、ゴールド（Gold）、シルバー（Silver）、認定済み（Certified）の4段階で格付けされる。2010年には連邦政府の新規建築物に求めるLEED 認証の格付けがシルバーからゴールドに引き上げられた⁸⁵。

【米国環境対策認証（Leadership in Energy & Environmental Design: LEED）】⁸⁶

LEED は、米国の非営利団体である米国グリーンビルディング協議会（U.S. Green Building Council: USGBC）が開発・運用、グリーンビジネス認証株式会社（Green Business Certification Inc.）が認証審査を行う、建築や都市の環境（built environment）に関する環境性能評価システムである。

LEED 認証を取得するためには、グリーンビルディングとして備えるべき必須条件（Prerequisite）と、選択項目のポイント（Credit Points）を選んで満たすことが必要である。取得したポイントに基づいて認証レベルが決定される。

認証システムの種類には、新築・新規の建設を対象にした「ビル設計／建設（BD + C）」「インテリア設計／建設（ID + C）」「エリア開発（ND）」「住宅（HOMES）」と既存建物を対象とした「既存ビルの運用とメンテナンス（O + M）」がある。

認証のレベルは、プラチナ（Platinum）、ゴールド（Gold）、シルバー（Silver）、認定済み（Certified）の4段階で格付けされる。



図 123 LEED 認証レベルと必要ポイント

⁸⁵ 有限責任監査法人トーマツ「令和2年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査（米国） 報告書詳細版」（林野庁委託事業）2022年、51頁

⁸⁶ Green Building Japan、https://www.gbj.or.jp/leed/about_leed/

(出所) Green Building Japan ウェブサイト、<https://www.gbj.or.jp/leed/ratingsystems/leedlevel/>

評価項目は以下の9つである。

- 総合的プロセス
- 立地と交通
- 敷地選定
- 水の利用
- エネルギーと大気
- 材料と資源
- 室内環境
- 革新性
- 地域別重み付け

LEED は世界で最も広く利用されているグリーンビルディング評価システムとされ、特に米国では 2024 年 5 月現在で 85,540 件の認証取得実績がある（対して、日本での認証取得実績は 271 件にとどまる）。

表 114 LEED 認証件数（2024 年 5 月現在）

アメリカ合衆国	85,540	アラブ首長国連邦	648	ポーランド共和国	287
中華人民共和国	6,887	ドイツ連邦共和国	640	コロンビア共和国	284
カナダ	2,166	トルコ共和国	614	タイ王国	274
インド	1,773	スウェーデン王国	426	アイルランド	273
サウジアラビア王国	1,195	香港	418	日本	271
ブラジル連邦共和国	982	大韓民国	402	その他	4,189
スペイン王国	878	フィンランド共和国	372	合計	110,594
イタリア共和国	746	台湾	312		
メキシコ合衆国	729	チリ共和国	288		

LEED Homes: 含む LEED Cities: 含まない

2024年5月現在

(出所) Green Building Japan ウェブサイト (<https://www.gbj.or.jp/leed/ratingsystems/leedlevel/>)

日本にも建築物の環境性能評価システムとして「建築環境総合性能評価システム (CASBEE)」がある。日本国内では CASBEE の認証取得数が LEED のそれを上回っているが、LEED は世界的に認知度が高く、海外に拠点を置く企業やテナントとして海外企業の国内誘致を求める場合、海外に向けた企業のアピールとして認証を取得するケースが見られる⁸⁷。以下は CASBEE と LEED の主な特徴を整理したものである。

表 115 CASBEE 及び LEED の主な特徴

	CASBEE	LEED
対象	建築、戸建て、不動産、街区、都市	新築（一棟評価）、既存、住宅、インテリア（部分評価）、外構（建物を含む）
取組項目数	建築 90 項目	新築（一棟評価）：46 項目
ランク	5 段階（S、A、B+、B-、C）	4 段階（プラチナ、ゴールド、シルバー、標準認証）
特徴	日本の行政庁の優遇制度の評価基準と	海外企業に認知度が高い

⁸⁷ ビューローベリタスジャパン「環境性能評価認証が増えている理由とは」2021 年 12 月 10 日、<https://www.bureauveritas.jp/magazine/211210/002>

	して採用されている	
(出所) ビューローベリタスジャパン「環境性能評価認証が増えている理由とは」2021年12月10日 (https://www.bureauveritas.jp/magazine/211210/002) (一部表現を変更)		

1.5.2 木材の持続可能性認証

米国における木材の持続可能性認証としては森林管理協議会（Forest Stewardship Council: FSC）、持続可能な森林イニシアチブ（Sustainable Forestry Initiative: SFI）及びアメリカン・ツリー・ファーム・システム（American Tree Farm System: ATFS）による森林認証が存在する。SFI と ATFS はそれぞれ 2005 年と 2008 年に森林認証システムを承認する国際組織である汎欧州森林認証制度（Pan European Forest Certification Schemes: PEFC）の承認を得ている⁸⁸。

(1) 森林管理協議会（FSC）

森林管理協議会（Forest Stewardship Council: FSC）の認証は、環境や社会、経済の便益に適い、しっかりと管理された森林から生産された林産物や、その他のリスクの低い林産物を使用した製品であることを証明する仕組みである。FSC 認証には、森林管理（Forest Management）と加工流通過程（Chain of Custody: CoC）の2つの認証がある。前者は、森林が責任をもって管理されていることを証明するもので、後者は認証林から収穫された認証材が消費者に届くまでの加工・流通過程が条件を満たすことを証明するものである。



Forest Management (FM) 認証

FSCの理念に沿った森林管理をしているか審査

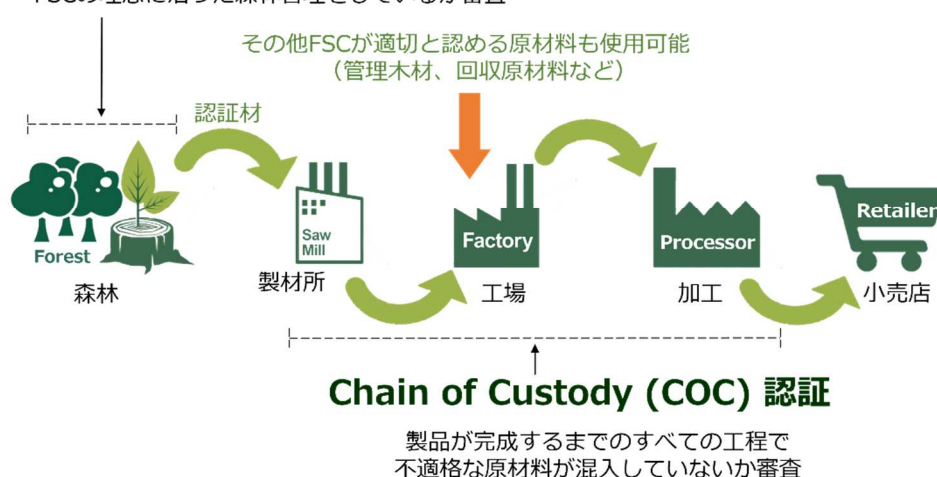


図 124 FSC 認証の構造

(出所) FSC ジャパン、https://www.jp.fsc.org/jp-ja/Types_of_Certificate

⁸⁸ 林野庁「合法伐採木材等に関する情報：アメリカ合衆国」2023年4月1日、
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyuu/goho/kunibetu/usa/info.html>

森林管理認証には 10 の原則、70 の基準、約 200 の詳細な指標があり、認証を取得するためにはこれらの指標の要求事項を満たす必要がある。森林管理認証の 10 の原則は以下のとおり⁸⁹。

1. 法律の順守：森林管理や取引に関する国内法や国際条約が守られているか？
2. 労働者の権利と労働環境：労働者の権利や安全は守られているか？
3. 先住民の権利：先住民の権利は侵害されていないか？
4. 地域社会との関係：地域社会と連携し、よい関係を築いているか？
5. 森林のもたらす便益：森林の多面的な機能が考慮されているか？
6. 環境価値と環境への影響：環境への影響は評価され、環境が守られているか？
7. 管理計画：きちんとしたデータや情報に基づく計画がされているか？
8. モニタリングと評価：環境や社会への影響がモニタリングされ、負の影響が抑えられているか？
9. 高い保護価値：森林の生態的、社会的に高い保護価値は守られているか？
10. 管理活動の実施：管理活動は計画通りに行われているか？

(2) 持続可能な森林イニシアチブ (SFI)

持続可能な森林イニシアチブ (Sustainable Forestry Initiative: SFI) は、北米の森林管理基準に関する認証である。SFI には森林管理基準 (Forest Management Standard)、繊維調達基準 (Fiber Sourcing Standard)、CoC 基準 (Chain of Custody Standard)、認定調達基準 (Certified Sourcing Standard) の基準がある。このうち、森林管理基準は 13 の原則、17 の目的、41 のパフォーマンス指標、114 の指標が設けられている。森林管理基準の 13 の原則は以下のとおり⁹⁰。



1. 持続可能な林業 (Sustainable Forestry)
2. 森林の生産性と健全性 (Forest Productivity and Health)
3. 水資源の保護 (Protection of Water Resources)
4. 生物多様性の保護 (Protection of Biological Diversity)
5. 景観とレクリエーション (Aesthetics and Recreation)
6. 特別な地域の保護 (Protection of Special Sites)
7. 法令遵守 (Legal Compliance)
8. 調査 (Research)
9. 訓練と教育 (Training and Education)
10. コミュニティの関与と社会的責任及び先住民の権利の尊重 (Community Involvement)

⁸⁹ FSC ジャパン、https://www.fsc.org/jp-ja/Types_of_Certificate

⁹⁰ SFI 2022 Forest Management Standard, Section 2, https://forests.org/wp-content/uploads/2022_SFI_StandardsandRules_section2.pdf

and Social Responsibility, and Respect for Indigenous Rights)

11. 透明性 (Transparency)
12. 継続的関与 (Continual Improvement)
13. 責任ある繊維調達 (Responsible Fiber Sourcing)

(3) アメリカン・ツリー・ファーム・システム (ATFS)

アメリカン・ツリー・ファーム・システム (American Tree Farm System: ATFS) は、米国の家族経営の森林や私有地の所有者が環境基準を遵守していることを証明する認証である。認証を取得するためには下記の基準を満たす必要がある (各基準内でさらに複数の基準が設定されている)⁹¹。



1. 持続可能な林業を実践することの約束 (コミットメント)
2. 法令遵守
3. 植林と造林
4. 大気、水及び土壌の保護
5. 魚、野生生物、生物多様性及び森林の健全性
6. 景観への配慮
7. 特別な地域の保護
8. 林産物の収穫とその他の活動

1.6 競合に関する分析

林野庁の委託事業の報告書によると、米国への木材輸出では、原木及び製材品とも競争相手国が多数存在し、日本の木材は価格競争力でも相対的に劣後していると指摘されている。マスティンバーでは欧州が先行し、日本からの CLT 輸出に際しては欧州諸国が競合になると分析されている⁹²。

以下の表は直近の米国の CLT 輸入額を示している。カナダとオーストリアではほぼすべての輸入を占めている。USA Trade Online では最大の輸入相手国であるカナダからの輸入量がわからなかったため輸入単価 (輸入額/輸入量) が計算できなかったが、第2位の輸入相手国であるオーストリアの輸入単価と日本のそれを比較すると、日本の輸入単価がオーストリアの約14倍となっている (2023年)。

なお、米国の主要木材輸入相手国はカナダ、ドイツ、ブラジルであり、2019年にはこれ

⁹¹ AFF, American Forest Foundation (AFF) 2021 Standards of Sustainability v2.2, 2021 https://www.treefarmsystem.org/stuff/contentmgr/files/2/d98957a82e424e3bf37a74339a391993/miscdocs/aff_2021_standards_of_sustainability_v2.2.pdf

⁹² 有限責任監査法人トーマツ「令和2年度合板・製材・集成材国際競争力強化・輸出促進対策のうち日本産木材製品の新たな輸出先国調査 (米国) 報告書詳細版」 (林野庁委託事業) 2022年、53頁

ら3カ国で米国の木材輸入量の85%を占めている。木材は米国とカナダの貿易紛争の原因の一つとなっており、米国の木材業界はカナダの木材が公有地から切り出された切り出されるため立木伐採の価格が安く、（それが事実上の政府補助となるため）民有地から切り出される米国の木材よりも安価になり米国の生産者が国内市場を失う原因になると批判してきた⁹³。USA Trade Online からはカナダ産 CLT の価格競争力を把握することはできなかったが、こうした経緯を踏まえると、カナダ産 CLT も価格競争力を有すると推測することができる。

表 116 CLT 輸入データ（単位：ドル、キログラム）

国名	2022				2023				2024			
	総輸入額	輸入額(船舶+航空)	輸入量(船舶+航空)	単価※	総輸入額	輸入額(船舶+航空)	輸入量(船舶+航空)	単価※	総輸入額	輸入額(船舶+航空)	輸入量(船舶+航空)	単価※
オーストリア	1,775,568	1,775,568	806,788	2.2	6,601,523	6,601,523	3,100,591	2.1	3,627,392	3,627,392	2,025,714	1.8
カナダ	22,006,487				17,301,195				10,455,088			
ドイツ	41,240	41,240	4,105	10.0	9,102	9,102	330	27.6	15,927	15,927	240	66.4
イタリア									42,682	42,682	2,523	16.9
日本					20,154	20,154	665	30.3				
メキシコ					12,000	12,000	633	19.0				
ニュージーランド									3,793	3,793	80	47.4
スウェーデン	2,485	0	0									
スイス									166,257	166,257	87,750	1.9
トルコ									6,750	6,750	1,390	4.9
ウルグアイ									22,211	22,211	13,169	1.7
世界合計	23,825,780	1,816,808	810,893	2.2	23,943,974	6,642,779	3,102,219	2.1	14,340,100	3,885,012	2,130,866	1.8

※単価＝輸入額／輸入量で計算。

（出所）USA Trade Online をもとに MURC 作成

1.7 高層・大規模木造建築物の建築事例

2025 年 2 月現在の米国におけるマスティンバーが使用された主な大規模木造建築物は下記のとおりである（他の素材を用いたハイブリッド構造を含む）。Ascent は世界で最も高い木造建築物である。

表 117 米国におけるマスティンバーが使用された主な木造高層建築物

ビル名	完成年	構造タイプ	州	都市	概要
Minnesota Places	2024	IV-C	オレゴン	ポートランド	8 階建て。
TimberView VIII	2024	IV-C	オレゴン	ポートランド	8 階建て。
Heartwood Workforce Housing	2023	IV-C	ワシントン	シアトル	8 階建て。
Carbon12	2017	III-A	オレゴン	ポートランド	8 階建て。
INTRO	2023	IV-B	オハイオ	クリーブランド	9 階建て。土台はコンクリート。
1510 Webster	2024	IV-A	カリフォルニア	オークランド	19 階建て。うち 16 階建てまでマスティンバーを使用。

⁹³ Consuelo Brandeis et.al.(USDA), “STATUS AND TRENDS FOR THE U.S. FOREST PRODUCTS SECTOR: A Technical Document Supporting the Forest Service 2020 RPA Assessment,” 2021, p.14

ビル名	完成年	構造 タイプ	州	都市	概要
			ニア		
Ascent	2022	IV-HT	ウ ィ ス コ ン シ ン	ミ ル ウ ォ ー キー	25 階建て。6 階までコンクリート を使用。その上でマスティンバー を使用。
Bakers Place	2024	IV-B	ウ ィ ス コ ン シ ン	マディソ ン	14 階建て。
11 E Lenox	2022	IV-C	マ サ チ ュ ー セッツ	ボストン	7 階建て。
Apex Plaza	2022	IV-HV	ヴ ァ ー ジニア	シ ャ ー ロットビ ル	8 階建て。

(出所) WoodWorks Innovation Network

(https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/?page=1&refinementList%5Bsecondary_building_system_name%5D=)

(1) Ascent

2022 年 8 月に完成した Ascent は高さ 284 フィート（約 86.5 メートル）で、2025 年 3 月現在、世界で最も高層のマスティンバーによる建築物である。地上から 6 階建て部分はコンクリート製の駐車場や小売店の上に 19 階建てのマスティンバーのマンションとなっている。面積は 273,000 平方フィートである。現しの木材が占める割合は 50%未満だが、柱や梁、天井には現しとなっている部分もある。この建築プロジェクトはアメリカ連邦政府の木材イノベーション助成金の支援（Wood Products Markets Grants）として 235 万ドルの資金提供を受けている⁹⁴。

(写真削除)

図 125 Acent 外観

(出所) WoodWorks Innovation Network ウェブページより転載
(<https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/ascent>)

(写真削除)

図 126 Acent 内観

(出所) WoodWorks Innovation Network ウェブページより転載
(<https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/ascent>)

⁹⁴ US Forest Service, <https://apps.fs.usda.gov/nicportal/WOODINNOVATIONS/dspProjectDetailReport.cfm?id=466>

(2) 1510 Webster

1510 Webster は 2024 年に完成した 19 階建て、193,290 平方フィートの木造高層マンションである。1510 Webster を紹介するウェブページではマスティンバーを使ったことでコストとスケジュールが大幅に節約されたと謳われている。

1510 Webster は地域の所得の中央値の 80%程度の所得の世帯に手が届く住宅を供給するために建設されたものである。軽量な木造構造設計であったため、基礎要件が削減され、建築物のコンクリートコアの一つが不要になったことから 200 万ドルのコスト削減につながったとされる。また、建築物の内側に露出した木材の表面を乾式壁で覆う必要があったにもかかわらず、コンクリートで同等の建築物をつくるよりも 3,000 万ドルのコスト削減が実現されたとされる。スケジュール面では、マスティンバーでつくられた 16 階建ての部分は当初の予定よりも 1 か月短い 4 か月未満で建設されたとされる⁹⁵。

(写真削除)

図 127 1510 Webster 外観

(出所) WoodWorks Innovation Network ウェブページより転載

(https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/1510-webster?utm_source=Predictive&utm_medium=email&utm_campaign=ML%20WIN%20Members&utm_term=00v6Q000039tpmWQAQ)

(写真削除)

図 128 建設途中の 1510 Webster

(出所) WoodWorks Innovation Network ウェブページより転載

(https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/1510-webster?utm_source=Predictive&utm_medium=email&utm_campaign=ML%20WIN%20Members&utm_term=00v6Q000039tpmWQAQ)

(写真削除)

図 129 1510 Webster の接合部

(出所) WoodWorks Innovation Network ウェブページより転載

(https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/1510-webster?utm_source=Predictive&utm_medium=email&utm_campaign=ML%20WIN%20Members&utm_term=00v6Q000039tpmWQAQ)

⁹⁵ WoodWorks Innovation Network ウェブページ (<https://www.woodworksinnovationnetwork.org/projects/ascent>)

2. 台湾

2.1 木材消費動向

台湾では、1990年代から国有林（天然林）の商業ベースでの伐採が原則禁止されており、国内需要のほとんどは輸入材に依存している（自給率は1%程度）。

2011年以降の台湾の木材輸入量を見ると、2011年から2018年まではおよそ500万～600万m³で推移していたが、2019年以降は落ち込み、2020年の木材輸入量は413万2,160m³（輸入額は約288億7,391万台湾ドル⁹⁶）であった。落ち込みの要因としては、ウッドショックと新型コロナウイルス感染症の流行が背景にあるといわれている⁹⁷。

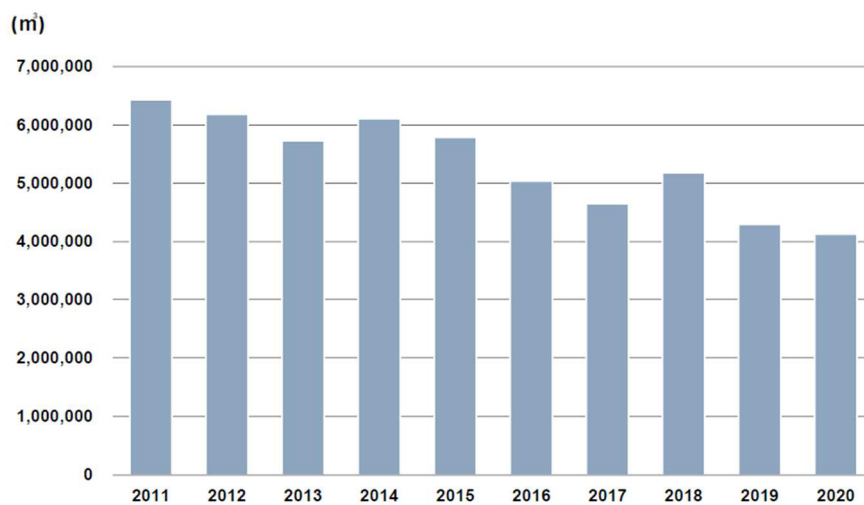


図 130 台湾の木材輸入量の推移（2011-2020年）

（出所）三菱UFJリサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023年

2.2 台湾の主なコンテナ船寄港可能海港

台湾の主なコンテナ船寄港可能海港は以下のとおりである。

⁹⁶ 1台湾ドル＝約4.7円。

⁹⁷ 三菱UFJリサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023年、66頁。

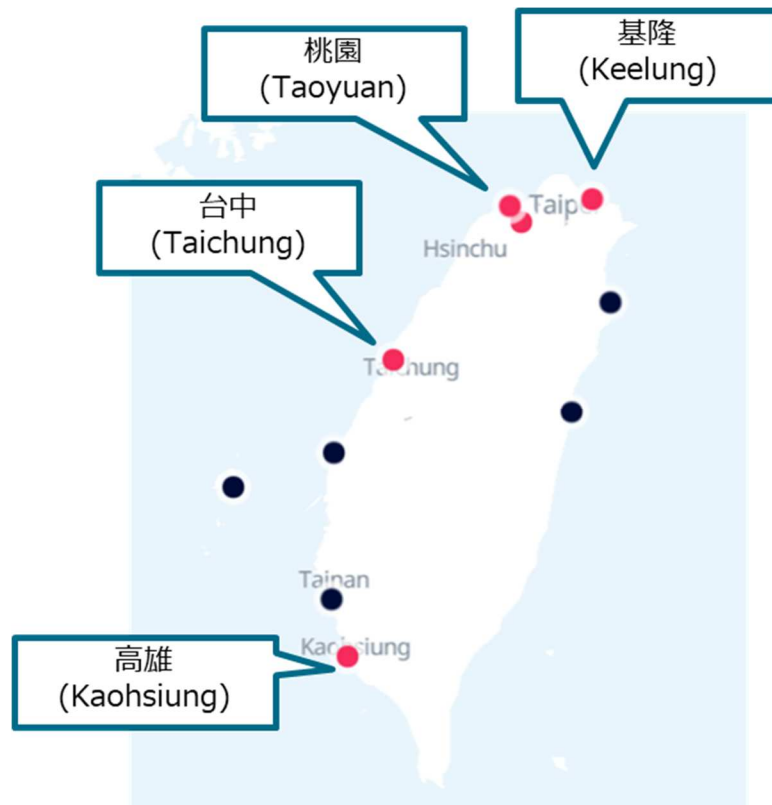


図 131 台湾の主なコンテナ船寄港可能海港

(出所) SEARATES をもとに MURC 作成 (<https://www.searates.com/maritime/taiwan>)

2.3 直近の木造・木質化建築物の普及状況と建築基準

2.3.1 直近の木造・木質化建築物の普及状況

台湾の木材消費量に占める用途に関するデータはないものの、600 万 m^3 のうち約 100 万 m^3 が構造用木材（建築物向けはわずかで栈橋等の屋外設備向けも含まれる）で、残りの 500 万 m^3 が梱包用材、内装材、土木用材、家具などの用途で使用されているとされる。

2015 年の建築物新設着工面積（構造別）に基づく木造率は 0.07% に過ぎないことが示しており、台湾では木造建築住宅は少ない状況である。非住宅建築物のうち、公共建築物、特に学校等や福祉施設では木造・木質化が進んでいる。これらの施設はさほど大規模な建物を必要とせず、階数制限等の規制がある中でも比較的建てやすいという特徴がある。また、木造の民間商業施設は少ないものの、木造建築導入の機運は高まっているともいわれる。

非住宅建築物には集成材や CLT が構造材として用いられる。それらの材料には一般的にはスギ、ヒノキ、マツが用いられている。ヒノキが一定の人気を有しており、施主がヒノキを指定するケース、カラマツと比べてヒノキの価格がやや高い場合でもヒノキが選択されるケースがあるとされる⁹⁸。

⁹⁸ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023 年、75 頁。

2.3.2 高層木造建築物の建築基準

台湾の建築基準は、建築法（Building Act）、建築技術規則（Building Technical Regulations）、仕様書（Specifications）で構成されている。うち「建築技術規則」第 171-1 条に基づき、木造建築物の高さは安全性の問題から 14 メートル・約 4 階までに制限されている。ただし、住宅用ではなく、公共目的の木造建築物の場合、構造上の安全性が当局の調査によって承認されている場合は、高さの制限はされなくなる⁹⁹。このような木造建築物の高さ・階数の規制は、台湾における木造建築物の普及の障害と認識されており、改正に向けた議論が台湾内で行われている。台湾内政部が 2019 年 12 月に発行した「木造建築物の高さ・階数に関する設計規則の見直しに関する研究」では、近年先進国において木造建物技術が急速に発展する中で、台湾でも既存の技術規範の一部を見直す必要があると指摘されている¹⁰⁰。

大規模建築物については法改正が必要な領域であり、すぐに大規模建築物において木材利用が拡大する可能性は低いとされる。なお、非住宅建築物には集成材や CLT が構造材として用いられており、これらの材には一般的にスギ、ヒノキ、マツが使われている¹⁰¹。

また、台湾においてはシロアリの被害が甚大であることから、木造家屋の年間建築件数は非常に限られており、台湾の防火・防爆にかかわる規則は鉄筋コンクリートや鉄骨づくりを念頭にしたものになっているといわれる¹⁰²。

2.4 木材流通構造

台湾への木材輸出 ルートは大きく 3 種類である。1 つは台湾の木材専門商社（輸入・保管・販売）を介して輸入材を台湾市場に卸すもので、日本や他国の木材事業者を問わず最も一般的なルートとされる。

台湾で木材を扱うのは、総合商社ではなく専門商社が一般的である。もう 1 つは、台湾の工務店や内装設計事務所等が独自に商社機能を持ち直接輸入するルートである。こうした台湾で設計・施工を担う事業者は継続的な木材需要を有しており、海外の取引先に対してオーダーメイドで発注を行うケースもあるとされる。

また、日本を含む海外の大手木材事業者が現地に代理店を有しこれを通じて直接取引を行っているケースがある。(株)中東、山佐木材(株)、銘建工業(株)等、日本の大手集成材メーカーも台湾に代理店を有している¹⁰³。

⁹⁹ <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0070116>

¹⁰⁰ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023 年、95 頁。

¹⁰¹ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023 年、75 頁。

¹⁰² 林野庁「東南アジア地域等における木材製品の植物検疫条件や流通・販売規制等調査報告書」2020 年、46 頁。

¹⁰³ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023 年、83 頁。

2.5 競合

林野庁の委託事業の報告書では、壁・床材の主な輸入国としては、SPF（カナダ）、ラジアータパイン（NZ）、その他針葉樹（オセアニア・南米）が挙げられる。

樹種の観点からは、日本のスギは低質材として台湾で利用されているが、近年は中国本土や東南アジアからの輸入材の増加により価格競争に負けつつあるとされる。ヒノキについては台湾でもブランドとして認識されており、日本（とくに岡山県と高知県）の独占状態で、高い競争力を有する。高級仕上げ材としてのヒノキの競合は、マホガニーが挙げられる¹⁰⁴。

集成材や CLT については日本の大手集成材メーカーが台湾に輸出しており、公共・非住宅建築物の構造材として用いられている。台湾の財政部關務署「海關進出口統計」から最近の CLT の輸入状況を見ると、日本が主要輸入相手であることがわかる。2023 年は全量が日本からの輸入であり、2024 年（11 月時点）も 8 割以上が日本からの輸入である。輸入単価を計算すると、豪州からの輸入単価のほうが安いものの日本からの輸入と大きな差はなく、ドイツに比べると半分以上となっている。

表 118 台湾の CLT 輸入状況

	2023 年			2024 年（1-11 月）		
	輸入額（千ドル）	輸入量（キログラム）	輸入単価	輸入額（千ドル）	輸入量（キログラム）	輸入単価
日本	193	73,851	0.0026	123	42,171	0.0029
豪州				15	7,257	0.0021
ドイツ				7	1,091	0.0064
世界合計	193	73,851	0.0026	145	50,519	0.0029

（出所）財政部關務署「海關進出口統計」をもとに MURC 作成

2.6 高層木造建築物の建築事例

2025 年 2 月現在の台湾における主な大規模木造建築物は下記のとおりである。

SHIANG-YANG WOODTEK 社の自社オフィスビルは 4 階建て（屋上の部屋を含めると 5 階建て）で、高さは約 18.5 メートルである。

（写真削除）

（出所）山佐木材株式会社ウェブサイトより転載

<https://woodist.jimdoweb.com/%E3%83%A1%E3%83%BC%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%82%AC%E3%82%B8%E3%83%B3/%E3%83%A1%E3%83%AB%E3%83%9E%E3%82%AC11%E5%8F%B7/ct%EF%BC%92/>

¹⁰⁴ 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング「東アジア地域等における日本産木材の輸出ポテンシャル調査報告書」（林野庁委託事業）2023 年、91 頁。

北投図書館（北投圖書館）は集成材を使用して建設された図書館である¹⁰⁵。

(写真削除)

(出所) 台北市政府観光伝播局ウェブサイトより転載 (<https://www.travel.taipei/ja/attraction/details/838>)

3. ベトナム

3.1 木材消費動向

輸出に力を入れることで、ベトナムの木材産業は過去 20 年間で急速に成長してきた。2020 年時点では、国内の木材取引額は 25～30 億ドル程度で、輸出額（123 億ドル）の 5 分の 1 程度にとどまっている。林野庁の資料によると、今後の経済成長によって、近い将来にベトナムの国内木材取引額が 50～60 億ドルに達することが見込まれ、国内市場の拡大が期待されている。他方で、現在のベトナムの木材産業は輸出依存に傾斜しており、国内ニーズを満たす木材・木材製品の供給能力は不十分と分析されている¹⁰⁶。

3.2 ベトナムの主なコンテナ船寄港可能海港

ベトナムの主なコンテナ船寄港可能海港は以下のとおりである。

¹⁰⁵ 山佐木材株式会社ウェブサイト、
<https://woodist.jimdoweb.com/2014/04/25/%EF%BD%8B%E6%9D%BE%E3%81%95%E3%82%93%E3%81%AE%E5%8F%B0%E6%B9%BE%E3%83%AC%E3%83%9D%E3%83%BC%E3%83%88-%EF%BC%94/>

¹⁰⁶ 林野庁「【ITTO 拠出金プロジェクト】 ベトナムにおける持続可能な木材利用促進」
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/boutai/yunyu/attach/pdf/itto-18.pdf>

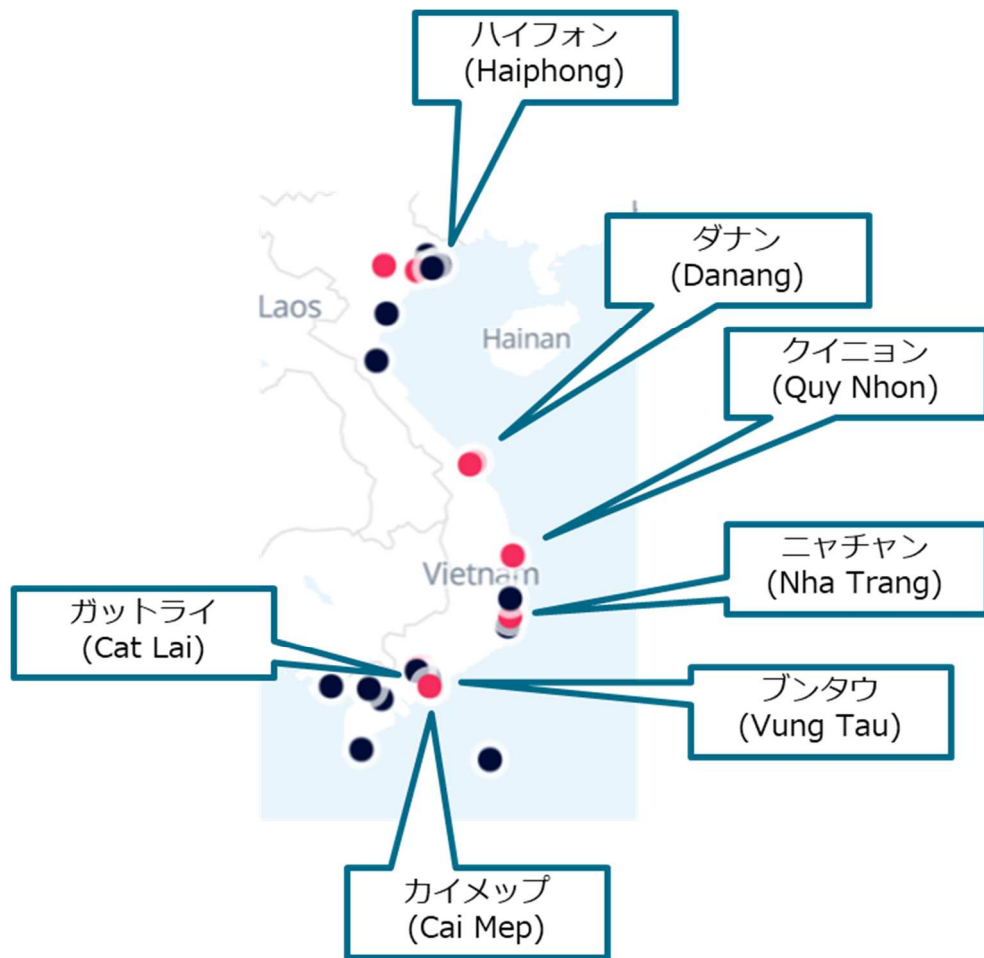


図 132 ベトナムの主なコンテナ船寄港可能海港

(出所) SEARATES をもとに MURC 作成 (<https://www.searates.com/maritime/vietnam>)

3.3 直近の木造・木質化建築物の普及状況と建築基準

3.3.1 高層木造建築物の建築基準

ベトナムの規格や技術基準は、ベトナム国家規格（TCVN）で定められるが、2023 年 3 月時点で木造建築物の要件に関する基準は確認されていない¹⁰⁷。構造材として木材を使用する習慣がなかったことが構造材関連の法整備が進んでいない要因ともいわれる¹⁰⁸。2024 年 7 月、日本の木造住宅メーカーのライフデザイン・カバヤがベトナム建設省傘下の建設科学技術所（IBST）とともに木造建築の規格・基準づくりを行うための覚書（MoU）が締結されている¹⁰⁹。

¹⁰⁷ （一社）日本木材輸出振興協会、<https://j-wood.org/standard-regulation/vietnam/>。

¹⁰⁸ 林野庁「東南アジア地域等における木材製品の植物検疫条件や流通・販売規制等調査報告書」2020 年、38 頁。

¹⁰⁹ 「ライフデザイン・カバヤは、ベトナム行政機関と「ベトナム向け木造建築の製造者規格作成」と「グリーンビルディング認証取得」に関する協力を締結」『PR TIMES』2024 年 8 月 8 日、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000269.000026371.html>

3.4 サステナビリティへの意識

最近では特にベトナムの若者層の間で、環境配慮意識や持続的な発展への興味が高まっているとされる。そのため、FSC や PEFC といった森林認証プログラムをベトナムに周知し、日本産木材の利用が持続的な発展につながっていくというストーリー作りが販売促進の上で有利に働く可能性があるともいわれる¹¹⁰。

3.5 競合・課題

日本からベトナムへの木材・木材製品の輸出は大規模・継続的なものは少なく、ほとんどが試験的な輸出の段階ともいわれる。対ベトナム輸出が盛んでない要因としては、日本産木材の認知度が低いことや日本の主たる樹種であるスギやヒノキが用いられる素地がないことが指摘されている。

日本産木材の輸出拡大を目指して、(一社)日本木材輸出振興協会がホーチミン市に「ジャパンウッドステーション (JWS)」を 2016 年 10 月に開設し、日本産木材製品を常設展示している¹¹¹。

4. シンガポール

4.1 木材消費動向

シンガポールの森林面積は国土の 3% であり、そのほとんどが保護地域となっているため、林業を行っている森林は存在しない¹¹²。そのため、シンガポールの国内需要は輸入材に依存していると考えることができ、また、製材や合板などを製造する木材製造業が国内にほとんど存在しないことから、シンガポールへの輸出ポテンシャルがあるのは 2 次加工のための製品や最終消費者向けの製品となる¹¹³。

シンガポールの木材製品の主要輸入先はマレーシア、中国、インドネシア、ベトナムなどである。

4.2 シンガポールの主なコンテナ船寄港可能海港

シンガポールのコンテナ船寄港可能海港は以下のとおりである。

¹¹⁰ 「第 93 回」注目トレンド：ベトナム への 木材 輸出の現状・今後のポテンシャル【未来を創る ベトナム ビジネス】」『VIETJO』2021 年 7 月 21 日。

¹¹¹ 「第 93 回」注目トレンド：ベトナム への 木材 輸出の現状・今後のポテンシャル【未来を創る ベトナム ビジネス】」『VIETJO』2021 年 7 月 21 日。

¹¹² (一社)日本木材輸出振興協会「シンガポール及び香港における日本産木材の輸出ポテンシャル」(林野庁補助事業)2019 年 3 月、12 頁

¹¹³ (一社)日本木材輸出振興協会「シンガポール及び香港における日本産木材の輸出ポテンシャル」(林野庁補助事業)2019 年 3 月、21 頁



図 133 シンガポールの主なコンテナ船寄港可能海港

(出所) SEARATES をもとに MURC 作成 (<https://www.searates.com/maritime/singapore>)

4.3 直近の木造・木質化建築物の普及状況と建築基準

4.3.1 直近の木造・木質化建築物の普及状況

国土の狭いシンガポールでは、戸建て住宅は少なく、ほとんどが高層集合住宅である。また、住宅の約 8 割が国営の住宅開発庁（HDB）が供給する公営住宅となっている。

シンガポール政府は 2020 年を目途に「金属・機械・木材ハブ (Metals, Machinery and Timber Hub: MMT Hub)」を克蘭ジ (Kranji) 地区に建設することを発表した。6 階建ての工場団地で、構造物の一部には CLT などの最新の木造建築技術を使用するとされている¹¹⁴。

シンガポールの南洋理工大學 (Nanyang Technological University: NTU) がキャンパス内に新たに建設したビジネススクール等が入る 6 階建ての建築物は床面積でアジア最大の木造建築物である（「ガイア」プロジェクト）。2023 年 5 月にオープンしたこの建築物の手すりやベンチ、ドアのフレーム、部屋の仕切り、構造物の梁や柱で木が使用されるなど、この建築物のほとんどがマスティンバーによって建てられている。主な構造では、オーストリアやスウェーデン、フィンランド産のスプルー材が使用されており、欧州でパネルや梁に加工されてからシンガポールに輸送された¹¹⁵。

¹¹⁴ (一社) 日本木材輸出振興協会「シンガポール及び香港における日本産木材の輸出ポテンシャル」（林野庁補助事業）2019 年 3 月、23 頁

¹¹⁵ 「『まるで森の中に入るよう』、アジア最大の木造建築の内側」『CNN』2023 年 7 月 22 日、<https://www.cnn.co.jp/style/architecture/35206866.html>

(写真削除)

図 134 「ガイア」の概観

(出所) NTU, “Welcome to Gaia: Asia’s largest wooden building is the new home of NBS,” November 8, 2023, (<https://www.ntu.edu.sg/business/news-events/news/story-detail/welcome-to-gaia>)

4.3.2 高層木造建築物の建築基準

海外から木材や木材製品を輸入して、シンガポール国内の建築に用いる場合は、持続可能性を確認する手段として FSC（森林管理協議会）や PEFC（汎欧州森林認証制度）などの森林認証材を要求する傾向が、HDB や大手建築企業にあるとされる¹¹⁶。

上記、「ガイア」プロジェクトの建築が承認された当時のシンガポールの建築基準では、木造建築の高さは 24 メートルとされていたが、その後この制限が廃止されている¹¹⁷。

5. フィンランド

5.1 木材消費動向

フィンランドは伝統的に自国産の天然資源から製品を加工して、その製品を欧州を中心に世界各国に輸出してきた。林産物はフィンランドを代表する輸出產品となっている。

フィンランド自然資源研究所（Luke）が公表している林業セクター市場のレポートを見ると、2023 年の製材（sawnwood）の生産量は 10,480 千 m³ であり、うち 80%が海外に輸出され、残りの 20%が国内市場向けであった。

図表 1 2023 年の製材生産量と仕向け地の割合

	製材 (1000 m ³)	生産量に占める割合 (%)	2022 年比 (%)
生産量	10 480	100	-7
国内市場	2 095	20	-21
輸出	8 385	80	-2
EU 諸国	2 851	27	9
エストニア	620	6	22
ドイツ	486	5	11
フランス	437	4	-9
その他	1 309	12	11
その他欧州地域	1 165	11	-5
英国	712	7	4

¹¹⁶ （一社）日本木材輸出振興協会「シンガポール及び香港における日本産木材の輸出ポテンシャル」（林野庁補助事業）2019 年 3 月、12 頁

¹¹⁷ 「『まるで森の中に入るよう』、アジア最大の木造建築の内側」『CNN』2023 年 7 月 22 日、<https://www.cnn.co.jp/style/architecture/35206866.html>

	製材 (1000 m ³)	生産量に占める 割合 (%)	2022 年比 (%)
その他	453	4	-17
アジア	2 424	23	-15
中国	800	8	-14
日本	618	6	-17
サウジアラビア	382	4	-22
イスラエル	356	3	-8
その他	268	3	-5
アフリカ	1 830	17	3
エジプト	1 110	11	-10
アルジェリア	394	4	48
その他	326	3	16
北米	86	1	-8
その他	28	0	-29

(出所) Luke, “Forest Sector Market Statement for Finland 2024,” October, 2024, p.18.

やや古いデータではあるが、2018 年時点でフィンランドの CLT 需要は年間 78,000m³ とされている¹¹⁸。

5.2 フィンランドの主なコンテナ船寄港可能海港

フィンランドの主なコンテナ船寄港可能海港は以下のとおりである。

¹¹⁸ KiiLTO, “KiiLTO and CLT Plant open a new chapter in the success story of Finnish wood construction,” June 4, 2018, <https://www.kiilto.com/newsroom/kiilto-and-clt-plant-open-a-new-chapter-in-the-success-story-of-finnish-wood-construction/>

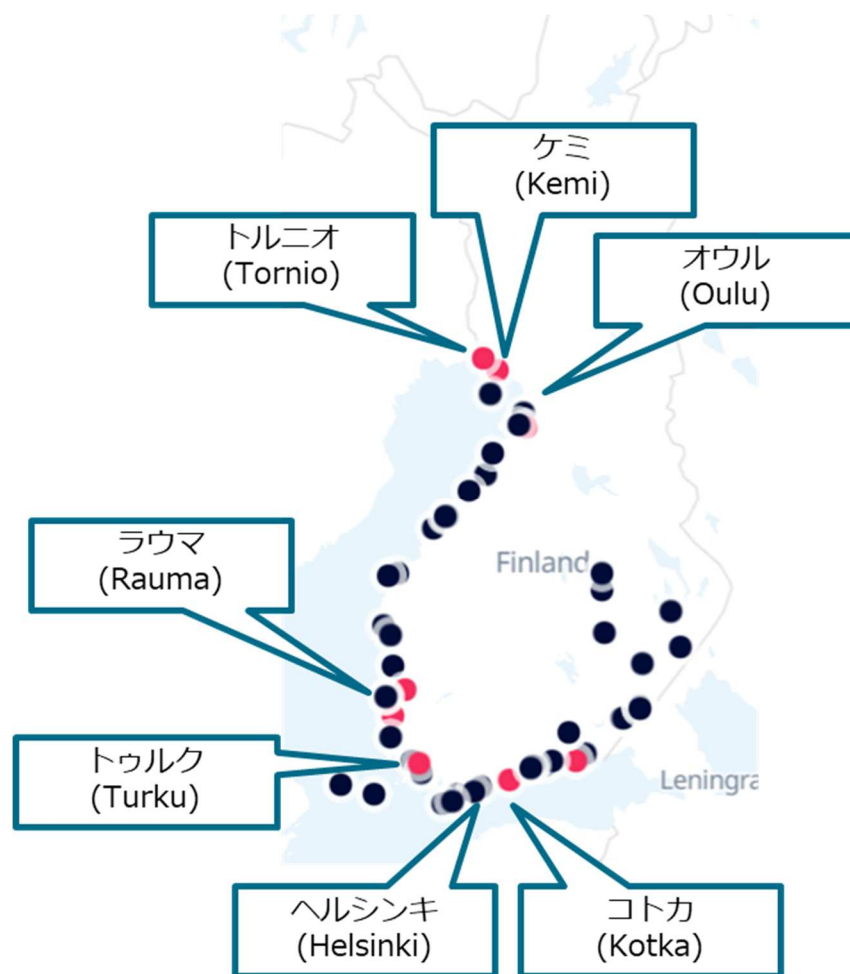


図 135 フィンランドの主なコンテナ船寄港可能海港

(出所) SEARATES をもとに MURC 作成

(<https://www.searates.com/maritime/singapore><https://www.searates.com/maritime/finland>)

5.3 直近の木造・木質化建築物の普及状況と建築基準

5.3.1 直近の木造・木質化建築物の普及状況

フィンランドでは、建築分野で使われる建築材料全体の約 40%が木材で、戸建て住宅の約 90%が木造とされる。1990 年代から建築分野への木材利用が促進されるようになり、2010 年代からはフィンランド政府が建築に限らず広く木材利用促進に関する法律やプログラムの整備を進めてきた。

2016 年の「木造建築物プログラム (The Wood Building Programme 2016-2023)」では、都心だけでなく郊外でも大規模木造を実現する、橋などの大規模な土木利用でも木造を推進する、木造関連法律や基準のアップグレードなどに注力することが示されている。首都ヘルシンキの西部では、開発地の街区全体を木造・木質化するプロジェクトが進行中で、オフィス棟、ホテル・商業棟、住居棟、駐車場棟で構成する複合開発が行われている。

フィンランドでは、2025 年に建築確認申請時のライフサイクルアセスメント (LCA) が義

務化され¹¹⁹、50年間の耐用年数にわたってLCAの提出が必要となる。50m²未満の建築物などの一部の例外を除くすべての建築物が対象であり¹²⁰、義務化が実現されると、省エネ、炭素固定、取り壊しから廃棄まで環境負荷の少ない木造を選択することが有利となり、今後さらに木材利用が図られるようになるとの指摘もある¹²¹。

フィンランド木工産業連盟（Federation of the Finnish Woodworking Industries / Puutuoteteollisuus）によると、集合住宅で使用する主要材料の4%、商業ビルの16%が木材とのことである¹²²。

【木造建築物プログラム（The Wood Building Programme）】

木造建築物プログラムは、都市開発、公共建築物及び橋梁やホールといった大規模建築物における木材使用を増やすことを目的としたプログラムである。2016年から2023年を対象年である。プログラムでは以下の5つの焦点分野が設定されている¹²³。

- ① 都市開発における木材利用の増進：本プログラムは木造建築を奨励する地方のプログラムを促進したり、地方自治体がそうしたプログラムをつくることに参画したりするため、地方自治体が資金提供する木造建築プロジェクト（住居開発、革新的な計画立案や開発モデルのためのガイドライン、ディベロッパーへの関与）のために政府が助成する。
- ② 公共建築物における木材利用促進：木造建築契約における地方の意思決定者の知識やスキルの向上及びカーボンフットプリントの重要性に関する一般の意識啓発をすること。具体的には、公共建築物プロジェクトのための調達ガイドライン、電子契約ツール、木造建築物プロジェクトにおける炭素貯蔵やカーボンフットプリント測定・評価ツールの試行といった取組が行われる。
- ③ 大規模木建築物の建設増加：橋梁やホールなどの大規模木材建築物のための新しい産業的解決のイノベーションへの支援。具体的には、建築技術における計画の管理や教師の育成などが行われる。
- ④ 地域の技術基盤の強化：木造建築における能力開発のための地域連携。具体的には、職業学校や応用科学大学における研修の開発といった取組が行われる。
- ⑤ 輸出促進：木造建築における輸出促進と国際連携の推進が目的。具体的には、木造建築の研究プロジェクトへの資金提供などを行う。

研究開発プロジェクトへの助成を通じて建築における木材利用を促進することを目的と

¹¹⁹ EUでは「建築物のエネルギー性能に関わる欧州指令（Energy Performance of Building Directive）が2024年に改正され、2028年1月以降、1,000m²以上の新築建築物にLCAを実施し、当該建築物がライフサイクルを通じて排出する温室効果ガスを算定することが求められる。2030年1月以降は面積による免除がなくなり、すべての新築建築物が対象となる。ビューローベリタスジャパン「建物のLCAに関する海外の動向～欧州と北米の法規制～」2024年8月6日、<https://kansa.bvjc.com/column/2024/240806.html>

¹²⁰ Nordic Innovation, “Appendix: Building LCA and BIM Practices in Finland,” https://pub.norden.org/us2023-463/appendix-building-lca-and-bim-practices-in-finland.html?_cf_chl_tk=YTWvcPSm9xRNLSfguks8jf_eI_QVT6EHrlw0CRAQAak-1739248152-1.0.1.1-VzHQo30ppp6thqRDJ4mq6Xpp4offAAcxxEhhrnH_g8

¹²¹ 小原隆・村島正彦「森林大国フィンランドで進む『木造街区』」『日経 XTECH』2021年3月18日、<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00461/030900038/>

¹²² “Is Finland's Wood City the future of building?,” BBC, September 27, 2022, <https://www.bbc.com/news/business-62798950>

¹²³ Ministry of Environment, “Wood Building Programme,” <https://ym.fi/en/wood-building>

した木造建築物プログラムのもとで木材成長開発支援スキーム (Aid Scheme for Growth and Development from Wood) が設けられている¹²⁴。2021 年には環境省から 17 のプロジェクトに対して総額 110 万ユーロの助成が提供されている¹²⁵。

上記のとおり、公共建築物における木材利用促進が木造建築物プログラムの中で位置づけられているが、フィンランド政府は公共建築物における木材利用の目標値を設定している。目標値としては、2025 年の新設公共建築物の容積に占める木材利用の割合を 45%にすることが掲げられている（全容積 5,221 千 m³ のうち 2,296 千 m³ を木構造にする。なお、2019 年当時はそれぞれ 6,907m³ のうち 1,039m³ で木構造が全体のうち 15%を占めていた）¹²⁶。

5.3.2 高層木造建築物の建築基準

高層木造建築物の建築が可能になるよう、フィンランドの耐火基準 (fire code) は 1990 年代以降改正が行われてきた。1997 年の改正では 4 階までの建築物で、骨組みや外観で木を使用することが可能になった。2011 年の改正では、外観に加えて郊外型集合住宅と呼ばれるコンクリート構造物の改修や床の増設などで木の使用ができるようになった。

フィンランド消防規則（環境省令第 848/2017 号、2018 年 1 月 1 日発効）では、住宅やオフィスビル、ホテル、ケアセンターについて、8 階建てまで木造建築物を建設することが可能とされており、さらに火災安全点検を徹底することを条件に、8 階建てを超える木造建築物の建設が認められている¹²⁷。

5.4 高層木造建築物の建築事例

(1) Joensuu Lighthouse

フィンランドのヨエンスーにある Joensuu Lighthouse は 2025 年 3 月現在で最も高いマスティンバーによる 14 階建てで約 50 メートルの木造建築物である。1 階部分はコンクリートであるが、それ以外の部分は木造でつくられている。報道記事によると、床は LVL で壁は CLT だが、フィンランドの防火対策に適合させるため壁面をせっこうボードで覆っているため、木の現しの部分は少ないとされている¹²⁸。

¹²⁴ Ministry of Environment, “Aid Scheme for Growth and Development from Wood,” <https://ym.fi/en/aid-scheme-for-growth-and-development-from-wood>

¹²⁵ Ministry of Environment, “Ympäristöministeriö myönsi avustusta puurakentamista kehittäviin hankkeisiin,” <https://ym.fi/-/ymparistoministerio-myonsi-avustusta-puurakentamista-kehittaviin-hankkeisiin>

¹²⁶ Ministry of Environment, “Wood in public construction,” <https://ym.fi/en/wood-in-public-construction>

¹²⁷ Markku Karjalainen and H. Emre Ilgin, “Fire Safety Solutions in Finish Multi-story Timber-Frame Buildings,” May 2024, p.303.

¹²⁸ “Finland's Tallest Mass-Timber Building Rises,” Building Enclosure, January 17, 2022, (<https://www.buildingenclosureonline.com/articles/90492-finlands-tallest-mass-timber-building-rises>)

(写真削除)

(出所) "Finland's Tallest Mass-Timber Building Rises," Building Enclosure, January 17, 2022,
(<https://www.buildingenclosureonline.com/articles/90492-finlands-tallest-mass-timber-building-rises>)

第4章 等方性大断面部材の普及に向けた方向性

1. 等方性大断面部材の普及に向けて重要な観点（ヒアリング調査結果まとめ）

本調査では、建築関係事業者（施主、設計事業者、施工事業者）や先行的な事例となる CLT の関係事業者（業界団体、CLT 製造メーカー）等へのヒアリング調査を実施し、等方性大断面部材の普及に向けて重要な観点について示唆を得た。建築物における木材利用のポイント、その際に必要な技術的課題への対応、等方性大断面部材が狙うべき方向とそのために整えるべき仕組み等については、以下の意見があった。（より詳細なヒアリング結果については、参考資料ご参照。）

● 木造・木質化建築物のトレンド

- 非住宅建築物への木材利用の方向性としては大きく2つ、低層～中層（8階程度まで）で純木造の建築物を追求するものと、高層建築で非木造（S造、RC造）とのハイブリッド構造で木材を使うものが考えうる。
 - ✧ 前者は低層（3階程度）までであれば在来軸組工法や枠組壁工法の拡張で施工できるし、集成材の登場によりさらに大規模な建築物も可能に。大空間を作るのが難しい CLT パネル工法においては、その点を解消するために集成材や鉄骨と組み合わせる方向性が近年強まっている。
 - ✧ 後者は、上層4階分などを木造にして RC 造などの建物の上に載せる立体混構造と、非木造部分の床に面材の木材を使用するといった部分利用を組み合わせしていくアプローチが近年の主流。
- 耐火建築物である必要があるかないかも、木材利用の難易のポイントとなる。「準耐火構造」「その他建築物（耐火・準耐火の要求無し）」では、木材をあらわしで利用でき仕上げ材が不要なためコストは比較的合いやすい。一方で耐火建築物では耐火被覆（木材をせっこうボードでくるむ等）が必要になるため、コストが大きくなり採算が厳しい。
- 木材を適材適所で使用していく方向にある。無理にせっこうボードで覆うなどの加工を施して2時間耐火性能を確保し、あらわしでなくしてまで木材を使用するよりも、木材の見た目の良さなどが発揮できる箇所で無理なく使用すべきという考えのもと、施主に対し設計事業者が木材の使い方を提案するケースもある。
- 施主からのニーズの点からも、近年の脱炭素の潮流により木造化の機運は高まっている。特に対外的に排出削減の約束をしている大企業には取組の必要が生じている。他方、現状は炭素貯留・CO₂排出削減効果は金銭価値化しておらず、政策や補助金の後押しのもと試行・様子見をしている段階と言える。建築物のコストアップは10%~15%までなら許容できるという声が多く、1つの指標となるが、反面、近年は物価高の影響によりコストアップにはシビアにならざるを得ない。そうした背景から各社が求めるのは差別化であり、木材の現し利用は必須という考え方が大多数である。

- 選択される建築用木材の特徴、技術開発のポイント
 - 木材利用に際しての技術的なポイントは3つ、耐火性能の確保、接合部分の技術開発、遮音性の確保である。部材として木材製品を開発すればいいだけではなく、こうした性能の付与や接合部の技術開発を含めて実施し、設計・施工事業者を提供することが必要。
 - 耐火性能の確保
 - ✧ 木材は燃える材料であるという点が鉄・コンクリートと異なり、そのための対応が必要。
 - ✧ 耐火建築物である必要があるかないかも、木材利用の難易のポイントとなる。「準耐火構造」「その他建築物（耐火・準耐火の要求無し）」では、木材をあらわしで利用でき仕上げ材が不要なためコストは比較的合いやすい。一方で耐火建築物では耐火被覆（木材をせっこうボードでくるむ等）が必要になるため、コストが大きくなり採算が厳しい。
 - ✧ 合板を原料とする等方性大断面部材は、ラミナを原料とする CLT と比較して、薬剤の含浸性が高い可能性があり、難燃薬剤の注入による難燃性の確保等は発揮すべき機能の1つと考えられる（耐火性能に限らず、薬剤を注入しての防腐や防蟻等についても同様）。
 - 接合部分の技術開発
 - ✧ これまで困難だった木材利用の在り方を実現するためには、接合技術はポイントとなる。木材の柱・梁は接合部が緩くなるため接合に金物（鉄）を使うが、一般的にオーダーメイドでコストがかかる。
 - ✧ 技術・情報提供が求められる接合は、木材同士の接合、木材と他部材（鉄骨等）との接合の両方である。金物での接合も接着剤での接合もありうる。
 - ✧ 接合技術の開発に向けては、オーダーメイドの金物を作っている金物メーカーや、鉄骨のプレートに直接 CLT を接合できる特殊なビスを作っているメーカー、接着による接合技術を持つメーカー等、接合に関するノウハウを有する企業との連携が推奨される。開発に設計事業者を巻き込むことも重要。これにより、どのような出口で当該技術を採用するのか、その際に接合部の金物が見えてもいいのか駄目なのか、当該技術で遮音性は確保できるのか等の視点を盛り込んだ開発が可能になる。
 - ✧ 特定の企業が接合部材を開発して特許を取得すると、同社しか受注できない仕組みになる傾向がある。競争によりコストが下がらないと施主は嫌がるため、そうした特許製品を用いた仕様は設計事業者が採用しないことが多い（競争が生じるような仕様にする）。
 - 遮音性の確保
 - ✧ 木造建築においては、遮音の問題がある。木材では遮音性能を高めづらいため、建物の用途によってはハードルが高い。
 - ✧ 等方性大断面部材は CLT と比較した際の薄さが強みだが、薄くするほど軽

くなるため床の遮音性能が下がりうる。CLT では遮音性能を上げるためにオフィスの例でも住宅の例でもトップコンクリートを載せている。

- 技術情報の提供に必要な仕組みや販売戦略について
 - 以下のような事業者ごとの疑問や問合せに対する相談窓口があり、課題を解決してくれる体制が構築されていることが望ましい。
 - 床であれば強度・たわみの性状といった材料の力学的な諸元が基本情報として、続いて、加工可能な最小～最大の厚み、製造可能な寸法の情報が必要。ただし、製造可能な寸法が分かったとしても、日本では運搬上の制約がある。幅 2.4～2.8m、長さ 12m 以上は運ぶことができず、輸送可能なサイズの方法だけでは大型建築物は造れないので、可能な接合技術の情報があると、この建物のこの部位に適用可能なのではという検討が可能になる。そうした情報がセットで提供されることが望ましい。
 - 材が見える部位での利用を考えるには、防水性を確保したり劣化を防ぐための塗布が可能か、不燃能力や防腐能力を付加するような追加技術が可能かの情報が必要。こうした情報に基づいて、外壁や土壌と接する下部への適用可能性が検討される。
 - 施工事業者からは、防蟻や防腐対策についてや、施工時に雨にさらされることが問題なるか等、施工上の問い合わせが製造メーカーに来ると考えられる。
 - 等方性大断面部材同士をきれいに接合し大きくして使用するような方向性は、可能性がある。屋根を大判でかけ渡す、大判を床に使用するというアプローチである。施工のアイデアも含めて施主・設計事業者に情報提供できるとよい。
 - 接合部まで含めて全て計算できるツールがあり、それを満たす金物が開発されていることが、普及のポイントとなる。あとは、そうした建築物が要求する強度の等方性大断面部材を製造できるメーカー側が、価格及び製造納期を提示できればよい。
 - 販売戦略として、地方では、建物が密集しないため耐火の要件が課せられないケースも多いことから、この領域でコストパフォーマンスのよい建物で勝負しうる。中高層建築物が少ないため、いま建てると差別化を図ることもできる。非木造の建物の上部に低コストな木造を載せるといった単純な工法ができると普及する。そのために、設計時の計算を容易にする情報・データの提示が必要。汎用的な設計マニュアルの整備が必要であり、現在それがないことが普及阻害要因である。
 - CLT を製造できる工場・メーカーは近年増加し、製造能力・製造可能サイズ・供給量が大きくなり価格も安定しつつある。そうした中では、等方性大断面部材にも「費用での競争力」と「安定供給力」が求められる。

2. 建築材料として有望な用途

建築材料として等方性大断面部材が有望な用途については、大規模（中高層）建築物と、中小規模（低層）建築物に分けて分析する必要がある。

2.1 大規模（中高層）建築物への等方性大断面部材の利用可能性

大規模（中高層）建築物への等方性大断面部材の利用は、「RC 造、SRC 造とのハイブリッド構造での木材利用」、とりわけ「上層部での木造構造の採用」が考えうる。加えて、適材適所での木材の積極利用も重要である。

大規模建築物では、高い耐震性・耐火性が求められる。とくに耐火性が、これまで木材を大規模建築物に用いる際の課題となっていた。

5 階建て 14 階以下以上の建物については、構造材において 2 時間耐火が求められる（15 階以上の場合は低層は 3 時間耐火）。大臣認定の実績を見ても、木材を利用して 2 時間耐火を担保するには、せっこうボードを表面に貼る等の加工が必要であり、木材をあらわしで用いて木目を表面に出すという木材の持つ美観の特性が失われざるを得ない。ただし、中高層建築物についても、上層から数えて 4 階までは 1 時間耐火でよいとされている。

この状況を踏まえて、耐震性及び一定の耐火性については RC 造、SRC 造が担い、木材利用の余地がある箇所で木材を利用する方策が考えうる。1 時間耐火であれば、木材をあらわしで用いることができる部材は開発されており¹²⁹（図 136）、等方性大断面部材においても、あらわしで 1 時間耐火を確保することができれば、大規模建築物の上層での構造体としての利用の道が拓ける。ラミナを原料とする CLT と比較して、かつら剥きにした薄い単板を原料とする等方性大断面部材は、薬剤の浸透性が高いことが期待されるため、耐火のための難燃薬剤を注入し耐火性能を確保した材を開発しうる。

（写真削除）

図 136 純木質耐火集成材（大臣認定取得）

（出所）住友林業ウェブサイトより転載（<https://sfc.jp/information/news/2016/2016-09-09.html>）

上層を木造とした建築事例は複数あり、例えば下図の三菱地所によるホテル「ザ ロイヤルパーク キャンバス札幌大通公園」は、北海道産木材を使用した RC 造・木造ハイブリッド型の高層建築物である。上層 9～11 階が純木造である。

¹²⁹（参考）鹿島建設（株）、東京農業大学、（国研）森林総合研究所、（有）ティー・イー・コンサルティングは、国産スギ材による順木質耐火集成材「FR ウッド®」（Fire Resistant Wood）を開発、1 時間耐火の大臣認定を取得。その後、鹿島建設（株）、住友林業（株）、（有）ティー・イー・コンサルティング、三井住商建材（株）の 4 社により、何年薬剤を注入した燃え止まり層の厚さをスリム化する等の合理化を図り、新たな大臣認定も取得している。

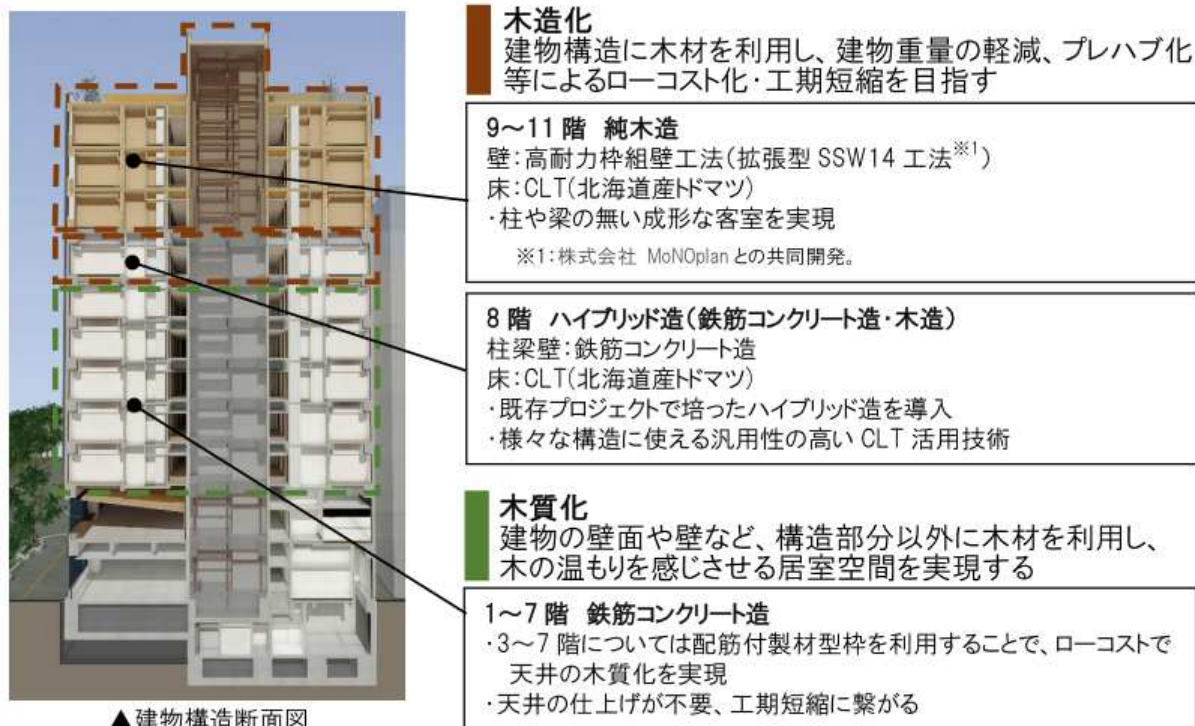


図 137 高層ハイブリッド木造ホテル「ザ ロイヤルパーク キャンバス 札幌大通公園」の構造
(出所) 三菱地所ウェブページより転載 (https://www.mec.co.jp/news/archives/mec210930_odori.pdf)

2.2 中小規模（低層）建築物への等方性大断面部材の利用可能性

中小規模建築物については、CLT による施工実績も蓄積されていることから、類似の性質を有する等方性大断面部材についても CLT の実績を参考に活用可能性を見出していくことが考えうる。

下表の赤枠で示す、3 階以下程度の低層で CLT 使用量が大きい事例が、等方性大断面部材の利用に際しても参考になる。まず、こうした低層での競合は RC 造ではなく S 造であり、中高層建築物で RC 造と競合するよりは、場合によってはコスト競争力が生まれる可能性がある。

表 119 階層ごとの CLT の使用量（件数）（再掲）

階数	事例件数 (総数)	CLT の使用量					
		10 m ³ 以下	10～ 150 m ³ 以下	150～ 500 m ³ 以下	500 m ³ ～ 1500 m ³ 以下	1500 m ³ ～	不明
1 階	440	176	239	19	1	1	6
2 階	341	94	202	39	3	—	7
3 階	97	22	49	21	3	2	4
4 階	23	7	11	1	3	—	1
5 階	11	4	3	2	—	—	2

階数	事案件数 (総数)	CLT の使用量					
		10 m ³ 以下	10～ 150 m ³ 以下	150～ 500 m ³ 以下	500 m ³ ～ 1500 m ³ 以下	1500 m ³ ～	不明
6 階	11	3	6	2	—	—	—
7 階	3	2	1	—	—	—	—
8 階	1	—	1	—	—	—	—
10 階	3	1	1	1	—	—	—
12 階	2	—	2	—	—	—	—
14 階	1	1	—	—	—	—	—
19 階	1	—	—	1	—	—	—
21 階	1	—	1	—	—	—	—

(出所) 日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

上表にて赤枠で囲った、低層で比較的 CLT 使用量の大きい建築物事例を分析すると、建物の用途は以下の通りである。学校・保育施設や事務所・オフィスといった用途が多く、次いで共同住宅といった結果となっている。学校や保育施設では木のぬくもりを感じられることが一定重視されるものと思われ、またオフィスは建物の件数自体が多いことが考えられる。こうした建築物について、等方性大断面部材を用いた木造での建築、CLT と合わせた利用（CLT をあらわしで壁材に使ったうえで等方性大断面部材を床材と屋根材に使用する／等）を目指していくべきである。なお、建築関係事業者へのヒアリングによれば、重要なのは用途よりも規模であり、同程度の規模の建物について建築するノウハウや標準設計を持つことで、施工事例数が多い領域での横展開が可能になるとのことであった。

表 120 低層（1 階～3 階建て）、CLT 使用量 150m³/件以上の事例における建物の用途ごとの件数

	1 階建	2 階建	3 階建	左記計
学校・保育施設	5	14	4	23
医療・福祉施設	1	3	1	5
事務所・オフィス	4	12	4	20
工場・倉庫	3	1	1	5
公共施設	3	3	1	7
宿泊施設	1	3	3	7
共同住宅	0	1	10	11
その他	4	5	2	11
上記計	21	42	26	89

(出所) 日本 CLT 協会 HP をもとに MURC 作成

3. 建築材料としてのアピールポイント

等方性大断面部材の建築物への利用に向けては、比較対象となる非木造（大規模建築物の場合は RC 造や SRC 造、中小規模建築物の場合は S 造）に対する木材利用のメリットを確

保したうえで、等方性大断面部材が選択されるよう、CLT に対する等方性大断面部材の優位性を示す、もしくは CLT とのすみ分けの方策を提示していく必要がある。

等方性大断面部材のアピールポイントの検討にあたっては、需要家のニーズを適切に把握することが必須である。ヒアリング調査によれば、2050 年カーボンニュートラルに向けた潮流の中で、主に中大規模建築に取り組む大手企業は脱炭素に向けた取組を加速させており、多少のコスト増があったとしても脱炭素の効果を獲得することを求めている。まずは木材製品がカーボンニュートラルな原料を使用していること等を含め、ライフサイクルを通じた CO₂ 排出削減・貯留効果を、堅牢な算定方法に基づき明示することが重要である。ただし、木材に限らず建材価格が上昇している近年においては、建築材料のコストに対しては事業者はシビアにならざるを得ず、許容できるコスト増には限度がある。材料費・施工費を含め、コスト削減余地のある項目については削減に向けた取組に注力し、他材料とのコスト差を小さくする努力が求められる。

調査結果を踏まえた、等方性大断面部材がアピールすべきポイントは、下表の通りと考えられる。

表 121 等方性大断面部材がアピールすべきポイント

項目	概要
木材としてのアピールポイント	
非木質材料と比較して軽量であること（土木工事費の削減、耐震性）	● 鉄骨やコンクリートと比べて軽量な材料であることから、土木工事において相対的に杭を浅くしても地盤の安定性が確保できる。このため、土木工事費を削減しうる。自重による地盤沈下が生じにくい。 ● 軽量であるため、振動エネルギーの影響を受けにくく、地震に強い。
CO ₂ 排出削減・貯留効果が高いこと	● 成長時に CO₂ を吸収・固定するカーボンニュートラルな原料であるため、建築材料への加工時や施工時のライフサイクル GHG 排出量を含めても、CO₂ 排出削減・貯留の効果が非木質材料よりも高い。
快適性の向上が検証されていること	● 調湿性が科学的根拠をもって示されている、木を利用した空間で人が「快適さ」「あたたかみ」等の好印象をいただくという実験データがある、木材を利用した空間にはリラックス効果がある。
面材としてのアピールポイント	
施工費の削減ポテンシャルが高いこと	● 面材として現場に輸送・納入されるため、これを組み立てることで建て物の構造を完成させることができ、上部躯体工事の施工日数を削減可能。 ● 屋根や床をそのまま天井としても一体的に使用する等、面的な有効活用を行うことにより施工期間を短縮可能。 ● 面材を積み上げて建設していくことができるため、そのまま足場として使用でき、足場を組む等の工程を省力化可能。
CLT と比較した際の優位性、すみ分け	
CLT と比較して生産コストが安価なこと	● ラミナを原料とする CLT と比較して、丸太をかつら向きにした単板を利用するため原料の歩留まりが高く、同じ丸太から生産できる製品量が CLT よりも大きい、故にコスト優位性を確保しうる。
CLT と比較して耐火性能を発揮しやすいこと	● 原料が板（ラミナ）である CLT と比較して、薄い単板である CLT は薬剤の浸透性が高いと考えられる。何年薬剤の注入等により耐火性能を有する材料となりうる。1 時間耐火を確保できれば、高層建築物の上層階に構造体として用いることができ、用途が広がる。
CLT と共存しうる材料であること	● 断面を含め木目が見える CLT と、木目の見えない等方性大断面部材といううちがいを活かしたすみ分けが考えられる。

4. 海外展開に向けた方向性

4.1 輸出相手国選定の視点

(1) 木材建築市場の存在

サステナビリティへの関心の高まりや国際的な気候変動対策の必要という社会環境の変化は木造建築市場拡大への追い風である。また、アジアやアフリカを中心に新興国の経済発展により建築需要の活性化も期待されることから、中長期的にはほとんどの国で木造建築市場は拡大が見込まれる（表 97）。

ただし、短期的には木造建築市場の成熟度は国や地域によって差異があり、短期的には欧米を中心とする先進国のほうが市場としてのポテンシャルがあると考えられる。本調査の調査対象国の中では、米国はマスティンバー建築プロジェクト件数の増加や中高層木造建築を可能にする規制改訂に見られるように、現時点でも将来的にも木造建築市場の伸びが期待される市場である。

後述のとおり台湾は日本からの CLT 輸出実績がある地域であり、非住宅建築物での木造化が拡大する見込みはあるが、現状としては中高層木造建築物の高さ制限（約 4 階）があり当面の木造建築市場としてのポテンシャルは大きくない。

フィンランドは政府が木材利用を積極的に推進する姿勢を示しており、実際に中高層木造建築物の建築実績もある。その意味で木造建築市場は存在するが、自国産の木材があるだけでなく距離的に近い欧州からの輸入も可能であることから、等方性大断面部材に限らず日本産木材への需要は大きくないと推察される（実際、フィンランドに限らず日本から欧州への木材輸出はアジアや米国に比べて著しく少ない。表 102）。

(2) 日本産木材の輸入実績

等方性大断面部材という新たな部材。慣れない商品を新たに扱うことには消極的な可能性がありえる。表 102 が示すとおり、等方性大断面部材に限らず、そもそも日本の建材輸出は盛んとはいえ、輸出相手国も少ない状況にある。等方性大断面部材と需要が重なると考えられる CLT の輸出相手国は台湾と米国に限られる。諸外国の取引先になりうる企業が慣れない商品を使用することに消極的だと仮定した場合、自国の市場にほとんど流通していない日本の木材でさらに市場に普及していない新部材となると使うことへのハードルは一層上がることが予想される。

そのため、等方性大断面部材の輸出相手国の選定においては、木造建築市場が存在するだけでなく、その国で日本の木材（特に CLT 等のマスティンバー）の輸入実績があり、日本産木材を扱った企業が存在することが判断基準の一つになりえる。その意味では米国と台湾は日本からの数少ない CLT 輸出相手国であり、日本産木材への慣れがあるという点

で有力な海外展開先になると考えられる。

4.2 海外展開先を問わず横断的に必要な取組

(1) 見本市・展示会への出展

個社レベルで海外展開を進めるには、取引先になりえる現地企業との接点をつくることが必要不可欠である。見本市や展示会は現地企業と接点をつくる最も一般的な関係構築の場であり、そのことは等方性大断面部材でも変わりはない。特に海外展開先として有望な米国と台湾でも（等方性大断面部材に限らず）日本産木材の認知は必ずしも高いとはいえないことから、見本市や展示会に積極的に参加して、関係構築や商談をすることは海外展開で最も必要な行動の一つである。

(2) 日本での実績構築とターゲット国関係者の招致による PR

海外に等方性大断面部材を展開していく以前に、まずは国内での実績を積み上げることが重要と考えられる。等方性大断面部材を用いた中高層建築物が日本国内に建てられた将来において、ターゲット国の建築関係企業や業界団体を誘致し、当該建築物及び等方性大断面部材の良さを PR することも一案である。

4.3 国別の展開方策

4.3.1 米国

(1) 市場の基本的な特徴と日本産木材の位置

マスティンバー建築プロジェクト件数が大幅に増加していることが示すとおり、米国は海外展開先の市場として有望である。米国の CLT 輸入量全体から見ると日本からの輸入はわずかではあるものの、CLT など日本からの建材輸出実績がある点は好材料である。ただし、カナダや欧州諸国など競合国が存在し、CLT で見ると日本産木材は価格競争力において相対的に劣後している。なお、本報告書では、トランプ政権下における木材輸出の影響については考察していない。

(2) 現地建築業者への直接アプローチ

マスティンバーの流通構造を見ると、現状では中間流通業者がおらず、製造業者から直接建設業者に流通されている。これは輸入材でも同様であり、等方性大断面部材の輸出でも建設業者に直接アプローチすることが求められる。

(3) CLT など既存のマスティンバーとの差別化・共存

上述のとおり米国ではマスティンバー建築プロジェクト件数は大きく伸びており、プロ

ジェクトの半数以上で使用されているのが CLT である。CLT による建築実績の増加は米国における木造建築の主流化と将来的な木造建築市場拡大をもたらし、等方性大断面部材を受け入れる土壌になるという意味で同部材にとってプラスになりうるものである。

一方で、CLT など既存のマスティンバーで建築することに慣れることで、既存部材へのよほどの不満か新部材の圧倒的な強みがない限り、他の部材に転換するインセンティブが失われることも意味する。既存部材に対する等方性大断面部材の優位性については取引先に説明しつつも、CLT と併用できること（例えば、外から見えない構造材としては等方性大断面歩合を使い、外から見える部分については CLT を使うなど）を示すことで、等方性大断面部材を試してもらうためのハードルを下げることも必要であると考えられる。

4.3.2 台湾

(1) 市場の基本的な特徴と日本産木材の位置

台湾は木材の自給率が低く、台湾内での木材需要の多くを輸入によって賄っているという点で輸入木材利用は積極的な地域だと考えられる。

木造建築については、木造住宅はほとんど普及していない一方で、非住宅では公共建築物をはじめとして学校や福祉施設などで木造建築の拡大が見込まれている。ただし、前述のとおり階数制限等により大規模な木造建築物の建設が難しいため、木造建築市場としての台湾の当面のポテンシャルは小さい。日本からの CLT の輸出相手の一つであり、日本産木材の価格競争力も一定程度あると考えられる。台湾に代理店を置く日本の集成材メーカーの存在も、日本産木材にとって台湾がポテンシャルを持っていることの現れとも考えられる。

(2) 将来の規制緩和を見越した情報収集

上述のとおり、階数制限等が台湾における木造建築も普及と市場拡大に妨げになっている。しかし、階数制限等が台湾での木造建築普及の障害になっているとの認識は現地でも見られ、将来の規制緩和が起きる可能性はある。規制が緩和されれば、日本産 CLT が他国産 CLT と比較して価格競争力があることから、等方性大断面部材をはじめとする日本産木材のシェアや売り上げ拡大の可能性があると考えられる。

(3) 非住宅向け構造材への注力

台湾の木造建築物の高さ制限は公共建築物で安全性が当局により確認されたものについては、その制限が除外される。すでに日本の集成材メーカーが台湾に集成材や CLT を供給しているところ、需要が見込まれる非住宅の公共建築物向けの建材の販売拡大を目指すべきである。

(4) 他国展開の足掛かりとしての位置づけ

現在のところ、台湾の木造建築市場は大きいとはいえないものの、CLT など日本産建材の輸入実績があることから、現地での日本産木材の使用経験が一定程度蓄積され、等方性大断面部材を受け入れる素地になりうると考えられる。

将来的には他のアジア諸国でも木造建築物市場の拡大が見込まれるところ、これらの国への将来的な展開を見据え、海外への輸出経験を積むという観点で台湾を当面の輸出先として位置付けることは一案である。台湾は熱帯気候で日本以上に東南アジア諸国と気候が近いこと、台湾での等方性大断面部材の建築事例は東南アジア諸国向けのショーケースになりえる。

4.3.3 ベトナム

(1) 等方性大断面部材の認知度向上

ベトナムへの日本産木材の輸出はまだ少ない段階である。等方性大断面部材に限らず、そもそもベトナムでは日本産木材の認知度が低く、日本産木材の輸出拡大を阻害しているともいわれる。日本産木材の輸出拡大を目指して（一社）日本木材輸出振興協会が日本産木材製品の常設展示をするなど日本産木材の認知度向上に取り組んでいるところ、等方性大断面部材も将来的な需要の掘り起こしのために現地での認知度向上に取り組むことが中長期的な輸出拡大に寄与すると考えられる。

4.3.4 シンガポール

(1) 他国展開の足掛かりとしての位置づけ

シンガポールでは工場団地や大学の校舎などで大規模な木造建築物が建設されるなど、東南アジア諸国の中では大規模木造建築物の建築が増える見込みがある。国全体の木材建築市場規模を示す情報を本調査で入手することはできなかったが、人工が少なく国土も狭いことから木造建築市場が大きいとは考えにくい。ただし、東南アジア随一の高所得国であり、象徴的な大規模木造建築物が建設される可能性はありえる。そのため、シンガポールを主要な輸出市場として位置付けることはせずに、台湾と同様、シンガポールは熱帯気候で日本以上に東南アジア諸国と気候が近いこと、シンガポールでの等方性大断面部材の建築事例を東南アジア諸国向けのショーケースにする方向が考えられる。

4.3.5 フィンランド

(1) 参考にすべき木材輸出国

フィンランドは、日本からの木材輸出先というよりは、他の欧州各国（ドイツ、オーストリア等）と同じく早くから木材を海外輸出していた国として参考にすべき国である。ヒアリング調査によれば、フィンランドをはじめとした欧州の国は木材輸出の際、製品だけ

ではなく建て方のノウハウ等も含めたコンサルティングサービスも一体で提供している
点が強みとのことであり、そうしたソフト面のサービスも提供できる体制を整えることが
日本にとっても重要と考えられる。

5. まとめ：等方性大断面部材の普及に向けた課題と対応の方向性

等方性大断面部材は、2031 年度以降の社会実装が目標となっている。この目標に向けて、上記 1. ～ 4. に整理した方向性で取組を進めていくことが必要と考えられる。普及に向けたロードマップを下図の通り提案する。

● 製造コスト削減

コスト低減に向けては、まずは等方性大断面部材の CLT と比しての強みである歩留まりの高さを活かし、製造コストの削減に取り組むことになる。この際にポイントとなるのは、CLT よりも使用量が大きくなる接着剤のコストであり、例えば、接着剤の使用量のミニマム化や高品質かつ低コストな接着剤の採用等が重要となりうる。

● 接合方法・施工の省力化（工期短縮）

耐火集成材においては材料の技術が当初先行したが、その後それをどうつなぐかが論点となり、各社が接合技術を開発した経緯があった。CLT においても、材料開発からクロスマーク金物を用いた接合技術の提示まで時間が空いたため個別カスタマイズの方角に進んだ。このことから接合方法の開発は不可欠であり、等方性大断面部材と同時に売り込む必要があると考えられる。接合方法については、等方性大断面部材同士の接合、等方性大断面部材と他部材（集成材や鉄骨等の受け材）との接合の両パターンが考えられる。開発には金物メーカーや設計事業者等との連携を推奨する意見があった。

施工の省力化や工期短縮は類似製品の MPP でも最もアピールされている点であり、我が国においても、職人不足が深刻な問題となっている建設業の現状を鑑みれば、等方性大断面部材にとっても大きなアピールポイントの 1 つになることが見込まれる。

➤ 等方性大断面部材同士の接合

等方性大断面部材同士を接合して大判にするケースが考えられ、CLT においても既述の通り事例がある（図 85～図 88）。図 87、図 88 は地組にて 8m×6.4m の大判の壁パネルにした事例である。この接合は当初ビス止めだったが点数が多く、施工手間が掛かったことから GIR 接合を採用した経緯がある。加えて、地組段階において施工後には寄り付きにくい箇所へあらかじめせっこうボード、透湿防水シート、サッシを取り付け一括施工することで大幅な工期短縮とコストダウンを図っている。CLT の課題として現地での雨養生（特に現地で使う場合を想定）に留意が必要なことが挙げられるが、雨対策として撥水塗料を塗布したり、防水タイプのせっこうボードを使用したりしている。ヒアリングの結果、大判にする際の課題は地組ヤードが確保できる条件が必要という点であった。

他方、図 85、図 86 は GIR 接合にて CLT を 8m×8m の大判にした事例である。こちらにおいては接合箇所が多く、コストが高いことが課題視されていた。更に、鉄骨構造が複雑な建築物（中高層を想定）の場合、大判にすることで取り込み手

順が煩瑣になり得るという意見も得た。

等方性大断面部材においては等方性であることから CLT 以上に大判にするメリットは発揮しうる。既往事例の工夫や課題を参照すれば、例えば、接合箇所を少なくして施工手間を簡略化したり、地組段階で耐火や防腐、雨養生を施すことができるようにしたりといった開発は一案である。他にも客先の敷地条件や建築物によっては地組で大判にすることができないケースもあり得るため、例えば、1 枚ずつ施工して上架後でも接合しやすい接合方法を採用するなどし、顧客に選択の幅を与えることが好ましいと思われる。

➤ 等方性大断面部材と他部材（木材梁や鉄骨梁等の横架材）との接合

等方性大断面部材の用途や建物によってどのように接合するか・どの横架材と接合するかが変わり得る。例えば、どのように接合するかは、床として使用する場合と壁として使用する場合や、等方性大断面部材を大判にする場合とそうでない場合とでは異なるものと考えられる。どの横架材と接合するかは集成材のような木材や鉄骨のような異種材が考えられる。

木材同士の接合では接合部材が流通している。CLT パネル工法の場合はビス接合、GIR 接合、LSB 接合、引きボルト接合などが見られる。一方、鉄骨のような異種材との接合においては自社開発製のものが多く見られた。これは、異種材間では特に強度差のため接合部が緩くなり、流通材での対応が難しくオーダーメイドになっていることが原因と見られる。さらに、オーダーメイドであるがゆえ特許による制約が生じて普及しない現状がある。開発中の技術や製品について他社に模倣されないよう特許を取ることは必要であるが、普及の観点においては特許により囲い込みをしている印象を持たれないよう極力オープンにすることが求められるという意見を得た。

このように、目指すべきターゲットから逆算し、どのように接合するか・どの横架材と接合するなどを知財戦略と合わせて検討することが求められる。

● 耐火性能・病虫害耐性の確保

今回調査では、低層の事務所や集合住宅等を、特に防耐火の基準が適用されない地方部で建てること、高層建築においては上層の木造部分やそれ以外の非木造部分の床等に積極的に等方性大断面部材を利用しうることが示唆されたが、これらの事例を積み上げながら、有力な領域をさらに深掘りしていくことが必要と考えられる

性能の発揮・アピールに向けた取組としては、建築用材としてやはり最も重視される耐火性能の確保に向けて、早期に着手することが重要となるのではないかと。薄い板を重ね合わせるため薬剤の含浸性が CLT よりも高いと見込まれる特徴を活かし、等方性大断面部材が優位性を発揮しうる。薬剤注入による耐火性能や病虫害耐性、強度の確保等については等方性大断面部材が優位性を発揮しうることを念頭に、研究や実装の検討を進めうる。

しかしながらヒアリングの結果、CLT においては、薬剤注入による耐火性能付与は現

しにできる反面、せっこうボードに比べて数倍のコストアップになる。これは、薬剤含侵のコストと、薬剤を含侵させるための CLT（ラミナ）が追加で必要になることに起因すると推測できる。そのため、等方性大断面部材が薬剤の含侵性に優位を発揮できたとしても、大幅なコストアップになったり、部材の厚みが大幅に増して施工性を損ねることがないように留意する必要がある。例えば、床使用の場合、床上側は遮音材や OA デッキの敷設などが必要になり現しで使えない場合があることを考慮すると、床上側にはせっこうボードを使用し、床下側のみ薬剤含侵に委ねるなど、その他の耐火技術と組み合わせることも一案と考えられる。通常の燃え代設計であれば、内装制限により床下側には準不燃材料や難燃材料の施工を要求され現しにできない場合もあるが、この点をクリアしうる点もメリットになると考える。

薬剤含侵には病虫害耐性の付与もある。海外展開においては台湾をショーケースとして東南アジア諸国へ展開しうることを記述したが、これらの国はシロアリ被害が多く特に優位性を発揮しうる。

- CO₂ 算定方法の確立・CO₂ 削減効果の定量化・快適性の実証研究

近年の脱炭素の潮流により木造化の機運は高まっている。特に SBT の設定など対外的に排出削減の約束をしている大企業は取り組まざるを得ず、長期的にはすべての企業が脱炭素に取り組むことになると見られている。他方、現状は炭素貯留・CO₂ 排出削減効果は金銭価値化しておらず、政策や補助金の後押しのもと試行・様子見をしている段階と言える。低層の建築物においては木造化によりコストメリットが生じている事例も複数見られたが、特に中高層においてはコストメリットが発揮しにくい。建築物のコストアップは 10%~15% までなら許容できるという声が多く、1 つの指標となるが、反面、近年は物価高の影響によりコストアップにはシビアにならざるを得ない。そうした背景から各社が求めるのは差別化であり、木材の現し利用は必須という考え方が大多数である。

反面、海外、特に欧米は国内に比べて環境価値が重んじられる傾向にある。この観点では木材を現しで使うことに拘りはなく、耐火の被覆をしてでも木材使用量を増やそうとする考えがある。

国内において環境価値の社会的受容がどの程度の速度で成長するかは不確かであり政策動向や社会情勢を注視する必要がある。しかし、短期的には GHG 排出量とコストの増加の観点から、耐火被覆が必要最低限となる箇所では木を使うことを念頭に置きつつ、CO₂ 削減効果や木材ならではの価値を定量化し非価格領域のアピール力を獲得することが肝要である。実際、炭素貯留・CO₂ 排出削減効果の算定方法が確立されておらず、接着剤や耐火被覆まで含めた GHG 排出量が不明瞭であるため、自社の掲げる排出削減目標にどの程度貢献しているか分からないといった声があった。

そこで誰もが共通して用いることのできる算定手法の確立・規格化を済ませた上で、積み上がっていく施工事例においてその定量化・情報開示を積極的に行っていく。また、木材が使われた空間の快適性については一部研究が進み定量的な証明も行われて

いるが、等方性大断面部材を使った際の効果についても施工事例を用いながら実証研究を行うことが必要と考えられる。

● 販売戦略の検討・展開（海外展開）

販売戦略の検討・展開に向けては、上記で揃えたアピールポイントを対外的に示していくことになる。CLT とは、製造コストが安いことや等方性を有し強度を確保できるため相対的に薄い材にできるといった優位性を確保して競合する領域と、例えば等方性大断面部材が耐火性能を持つことでうまくすみ分けていく領域を整理していくことが求められるであろう。また、木造にこだわるのではなく適材適所で木材を使用し環境価値を発揮する潮流となっている中では、鉄やコンクリート等の非木質材料とのハイブリッド材料を開発し大規模建築に使用できるよう事例を蓄積していくことも重要である。

ソフト面では、木材利用の意思決定をする施主や設計・施工事業者からニーズが高い、製品だけでなく建て方も含めたコンサルティング・支援に対応できる体制を構築する必要がある。製品や施工に関する相談窓口を明確にし、対外的に周知していく。窓口自体は早期に設置して、様々な相談を受けながら対応力を強化しておくこと、施工事例が詰み上がってきた段階で設計・施工に関する情報を蓄積していくことが重要である。こうした建て方まで含めたサービス提供は、海外展開に向けても必須となる。海外展開については、本調査の結果米国や台湾が有力と考えられたが、まずはこうした重点国を特定し、対象国について更なる市場調査（木材流通構造の把握と売り込み先の特定、消費者への訴求ポイントの把握、B to B・B to C の営業のための媒体の把握等）を早期に進める必要がある。そのうえで、現地国の視察や日本での等方性大断面部材を用いた施工事例への招聘などにより、相手国の商売相手とネットワークを構築することで、販路の開拓につながっていく。

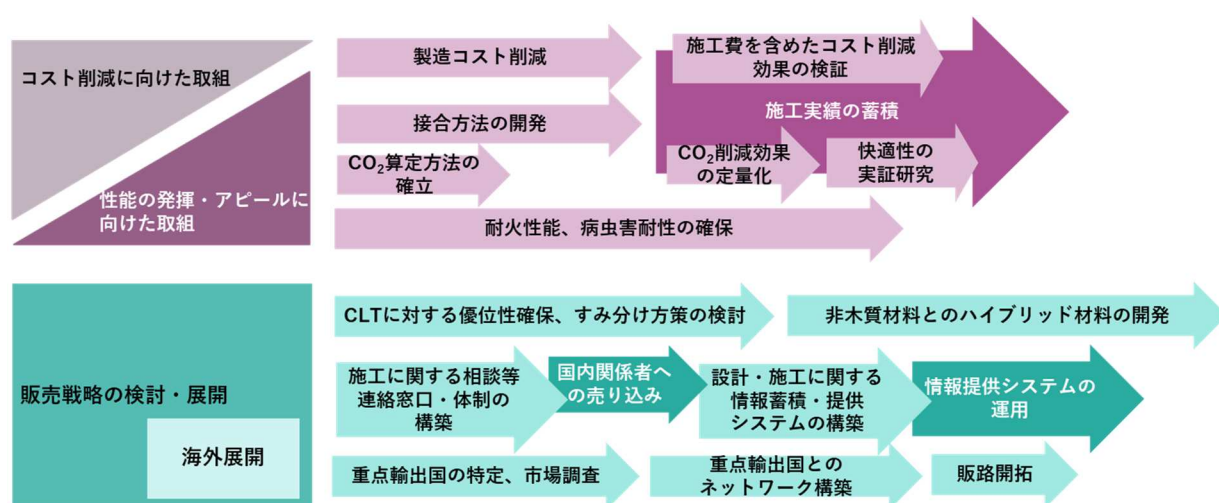


図 138 等方性大断面部材の普及に向けたロードマップの提案

第5章 参考資料

I. ヒアリング調査の実施

1. ヒアリング調査先一覧

実施日	ヒアリング先	ヒアリング調査項目
2024 年 12 月 26 日	鹿島建設株式会社	環境配慮型コンクリートについて（製品・技術情報、一般的なコンクリートとの比較、商品化・普及に向けた取組／等）
2025 年 1 月 10 日	大成建設株式会社	
2025 年 1 月 17 日	一般社団法人日本 CLT 協会	CLT について（CLT の販売動向・戦略、商品化・普及に向けた取組／等）
2025 年 3 月 3 日	株式会社日建設計	建築関係事業者における木材利用の可能性（木造・木質化建築物に関するトレンド、指定する材料・工法や選定の判断に必要な要素・仕組み、等方性大断面部材利用の可能性／等）
2025 年 3 月 10 日	住友林業株式会社	
2025 年 3 月 17 日	株式会社中東	CLT について（自社製品概要・開発の経緯、CLT の施工性、CLT の販売動向・戦略、商品化・普及に向けた取組／等）
2025 年 3 月 21 日	株式会社三菱地所 設計	建築関係事業者における木材利用の可能性（木造・木質化建築物に関するトレンド、指定する材料・工法や選定の判断に必要な要素・仕組み、等方性大断面部材利用の可能性／等）

2. ヒアリング結果概要

2.1 CLT に関するヒアリング

● CLT の販売動向

- CLT パネル工法は壁式構法であり、これだけで大空間を作るのは難しい。その点を解消するために集成材や鉄骨と組み合わせる方向性が近年強まっている。RC とは、階層を分ける形で連携している（高層建築物の高層階に CLT を使用し、低中層階は RC とする等）。告示 611 号はパネル工法のみでの建築を意図しているが、そこから外れるような工法に挑戦している。
- 施工における課題の 1 つは、接合部である（CLT パネルと鉄骨の接合等）。解決されている建物もあるが、特許の制約があって課題解決がスムーズに進まないことも多い。なお、接合部品については、現状ほとんどがオーダーメイドである。
- ゼネコンは、自社が得意とするビル物に CLT や他の木質材料をいかに使うかという点で努力している。CLT を含む木材の利用がなかなか進んでいないのは、中規模（4～6 階建て程度）の事務所等の建築物である。こうした規模の建物の施工を担う事業者が木材の扱いに慣れていない。職人の数が減り、CLT に限らず施工能力自体が低下している中で、新たに CLT への扱いに手を出したがないという印象。一方で、戸建て木造住宅の施工事業者は CLT を扱いたがっている。戸建て住宅需要が低下している中で、差別化を図っているのである。例えば、在来軸

組工法での住宅建築の躯体に CLT の薄物（36mm 材など）を使っている。

- CLT が好んで使われる最大の理由は、あらわしでの利用で木目が見える点である。木目が見える点がアピールポイントとなっている。断面の見た目も好まれる。資金面で材を選択しようとする CLT の採用は難しい。
- 地域的な特徴について、北海道や CLT 工場を有する県で CLT を用いた建築物が多く建てられているのは事実である。北海道は道産材を多く利用したい意向が強く、CLT は木材使用量が多くなるので好まれている。
- 告示 611 号ができた時は、さすがに CLT の供給量が増えた。それまでは 1 棟ずつ大臣認定を取得してようやく建築できる状況で、手間がかかっていた。この手間を回避する手段として、在来軸組工法に CLT を組み込んで、在来軸組工法として建てるケースがあり、これにより余分な柱や梁が使われていた。このケースでは、大臣認定取得は不要で、試験さえ実施すればよい。告示が出て、こうした手段を使わなくなったことで柱や梁を減らすことができ、すっきりした建築物が実現した。

● CLT の販売戦略

- CLT は面材であり用途は床、壁、屋根である。施工性の早さと、仕上げ材として利用できるという 2 点が大きな強みである。弱みとしては、若干重量が重くなる（木材使用量が増える）、その分コストが高くなる点がある。耐震性能や断熱性、耐火性等は従来木造建築よりもかなり優位なのではないか。
- CLT 大臣認定（日本 CLT 協会が取得した、CLT を用いた建築物に適用される、耐火をはじめとした大臣認定等）の管理について、大臣認定の利用にあたっては、研修の受講と、その修了後に管理者に認定されることを求めている。認定取得、管理者の更新は続いており、人材は微増傾向と考えられる。こうした取組の普及は、ホームページや CLT に関する人材育成の講習会での情報発信が主で、こうした情報に触れた方が研修に応募してきている（プッシュ型）。
- CLT を含む木材利用について、B to B も B to C も情報発信は必要である。設計者の理解がないと木材利用は提案されない。CLT 製造メーカーは、売り先としての設計事務所、ゼネコンに対して PR 活動を行っている。各種展示会、催し物に積極的に出展している。あとは専門的な建築雑誌やホームページ上での情報発信である。
- 告示 611 号は、当時最も新しい工法ということで、厳しい基準が設けられた。基準を緩和しようとする動きは常にある。5～6 年程度の間隔での規制緩和のため、様々な取組を行っている。こうした活動には、大学有識者、（国研）森林総合研究所、CLT メーカー、建築業者らを巻き込んで、CLT 協会が音頭を取って取り組んでいる。
- CLT 材普及に貢献した取組として印象的なものに、土木分野での利用促進に向けた取組がある。土木分野での CLT 活用であれば、B 材 C 材由来のラミナを使用することで歩留まりを上げること、CLT の板としての厚さを活かせると考えた。

補助金を活用して土木工事への CLT 活用を進めている。土木工事では一般的に型枠等以外での使用があまり検討されていないが、少しずつ実績を積んできている。B 材 C 材の CLT 利用が進むことで、CLT 全体の価格も下がっていくことに期待している。

- 材料の製造時 LCA が鉄や RC に比べれば低いので、炭素貯蔵量も踏まえれば環境負荷の低い状況で出荷できるという優位性は主張できる。
- LCA に加えて、居住性の良さをどうアピールできるかがポイントである。現状、熱損失係数のみで表現しているが、人間が感じるあたたかみ等が評価できるとよい。CLT を用いた建築物に対して、夏場の空気がさらっとしているという印象を持つ利用者はいるので、これを数値化できるとよい。
- 普及促進に向けた取組状況
 - 技術開発の大きな課題は耐火構造で、せっこうボードに頼らない耐火仕様をどう設計するかが課題である。耐火の面がクリアできればより高い建物に CLT を使用できるようになり、施工の早さ・簡便さをより活かすことができるようになる。職人が減っている中で、施工の簡便さは非常に重要である。
 - BIM への登録には、日本 CLT 協会の WG で取り組んでいるところ、着手段階である。DX の潮流に乗っていくための 1 つの手段として検討はしている。多くの方にとって使いやすいように、協会ホームページでも部材の情報・データベースを積極的に公開して、設計者に使ってもらえる形を目指している。設計事務所によると、BIM 登録があった方が便利とのことである。ノーストレスで一貫して設計できることが好まれるようである。BIM も色々な使い方がされている。意匠設計における細かいおさまりを計算する際に便利という方もいる。設計変更の際の修正が BIM だと容易、という声もある。
 - CLT を用いた設計・施工者の育成は林野庁事業で 8 年間実施され、受講者は 8,000 人を超えている。施工も大工技能も毎年実習を行っている。講習会に登録した方が企画・支援相談という協会の無料相談窓口相談に来て、その後に建物が建つ、という流れが少し出てきている。協会による一貫した支援を行えるようになってきたということである。無料相談窓口は事務局 3 人で対応しているが、背後に十数名のアドバイザーがおり、建物の種類にあわせてアドバイザーが初期段階の設計で連携する等している。相談者が次のアドバイザーになるという流れも生まれている。
- CLT と等方性大断面部材のすみ分けの方向性
 - 薬剤の浸透率は等方性大断面部材の方が高いように思う。床はあらわしで見えづらいので、耐火・耐久の問題をクリアするのであれば、等方性大断面部材を床材で使って壁を CLT で見せるという方法が考えうる。

2.2 非住宅建築物への等方性大断面部材を含む木材利用の可能性に関するヒアリング

● 木造・木質化建築物のトレンド

- 非住宅建築物への木材利用の方向性としては大きく2つ、低層～中層（8階程度まで）で純木造の建築物を追求するものと、高層建築で非木造（S造、RC造）とのハイブリッド構造で木材を使うものが考えうる。
 - ✧ 前者は低層（3階程度）までであれば在来軸組工法や枠組壁工法の拡張で施工できるし、集成材の登場によりさらに大規模な建築物も可能に。大空間を作るのが難しい CLT パネル工法においては、その点を解消するために集成材や鉄骨と組み合わせる方向性が近年強まっている。
 - ✧ 後者は、上層4階分などを木造にして RC 造などの建物の上に載せる立体混構造と、非木造部分の床に面材の木材を使用するといった部分利用を組み合わせしていくアプローチが近年の主流。
 - 耐火建築物である必要があるかないかも、木材利用の難易のポイントとなる。「準耐火構造」「その他建築物（耐火・準耐火の要求無し）」では、木材をあらわしで利用でき仕上げ材が不要なためコストは比較的合いやすい。一方で耐火建築物では耐火被覆（木材をせっこうボードでくるむ等）が必要になるため、コストが大きくなり採算が厳しい。
 - 木材を適材適所で使用していく方向にある。無理にせっこうボードで覆うなどの加工を施して2時間耐火性能を確保し、あらわしでなくしてまで木材を使用するよりも、木材の見た目の良さなどが発揮できる箇所で無理なく使用するべきという考えのもと、施主に対し設計事業者が木材の使い方を提案するケースもある。
 - 施主からのニーズの点からも、近年の脱炭素の潮流により木造化の機運は高まっている。特に対外的に排出削減の約束をしている大企業には取組の必要が生じている。他方、現状は炭素貯留・CO₂排出削減効果は金銭価値化しておらず、政策や補助金の後押しのもと試行・様子見をしている段階と言える。建築物のコストアップは10%~15%までなら許容できるという声が多く、1つの指標となるが、反面、近年は物価高の影響によりコストアップにはシビアにならざるを得ない。そうした背景から各社が求めるのは差別化であり、木材の現し利用は必須という考え方が大多数である。
- ### ● 選択される建築用木材の特徴、技術開発のポイント
- 木材利用に際しての技術的なポイントは3つ、耐火性能の確保、接合部分の技術開発、遮音性の確保である。部材として木材製品を開発すればいいだけではなく、こうした性能の付与や接合部の技術開発を含めて実施し、設計・施工事業者に提供することが必要。
 - 耐火性能の確保
 - ✧ 木材は燃える材料であるという点が鉄・コンクリートと異なり、そのための対応が必要。

- ✧ 耐火建築物である必要があるかないかも、木材利用の難易のポイントとなる。
「準耐火構造」「その他建築物（耐火・準耐火の要求無し）」では、木材をあらわしで利用でき仕上げ材が不要なためコストは比較的合いやすい。一方で耐火建築物では耐火被覆（木材をせっこうボードでくるむ等）が必要になるため、コストが大きくなり採算が厳しい。
- ✧ 合板を原料とする等方性大断面部材は、ラミナを原料とする CLT と比較して、薬剤の含侵性が高い可能性があり、難燃薬剤の注入による難燃性の確保等は発揮すべき機能の 1 つと考えられる（耐火性能に限らず、薬剤を注入しての防腐や防蟻等についても同様）。
- 接合部分の技術開発
 - ✧ これまで困難だった木材利用の在り方を実現するためには、接合技術はポイントとなる。木材の柱・梁は接合部が緩くなるため接合に金物（鉄）を使うが、一般的にオーダーメイドでコストがかかる。
 - ✧ 技術・情報提供が求められる接合は、木材同士の接合、木材と他部材（鉄骨等）との接合の両方である。金物での接合も接着剤での接合もありうる。
 - ✧ 接合技術の開発に向けては、オーダーメイドの金物を作っている金物メーカーや、鉄骨のプレートに直接 CLT を接合できる特殊なビスを作っているメーカー、接着による接合技術を持つメーカー等、接合に関するノウハウを有する企業との連携が推奨される。開発に設計事業者を巻き込むことも重要。これにより、どのような出口で当該技術を採用するのか、その際に接合部の金物が見えてもいいのか駄目なのか、当該技術で遮音性は確保できるのか等の視点を盛り込んだ開発が可能になる。
 - ✧ 特定の企業が接合部材を開発して特許を取得すると、同社しか受注できない仕組みになる傾向がある。競争によりコストが下がらないと施主は嫌がるため、そうした特許製品を用いた仕様は設計事業者が採用しないことが多い（競争が生じるような仕様にする）。
- 遮音性の確保
 - ✧ 木造建築においては、遮音の問題がある。木材では遮音性能を高めづらいため、建物の用途によってはハードルが高い。
 - ✧ 等方性大断面部材は CLT と比較した際の薄さが強みだが、薄くするほど軽くなるため床の遮音性能が下がりうる。CLT では遮音性能を上げるためにオフィスの例でも住宅の例でもトップコンクリートを載せている。
- その他：施主のニーズへの対応
 - ✧ カーボンニュートラルの達成に向けて S 造や RC 造から木造に転換するトレンドになっているかということ、現在は試行・様子見段階と言える。そうした段階だから国からも補助金が出ているが、これが補助金なしで普及するかは難しいと考える。現状、炭素貯留・CO₂ 排出削減の価値は国内では金銭価値化していない。算定方法の確立や算定事例の蓄積に至っておらず、建物 1 棟

でどの程度の削減・固定効果があるかというインパクトが見えていない。

- ✧ 現在の施主の感覚では、コストアップする手法は採用しないという判断になり、意識の高い事業者でもコストアップの許容範囲は 10～15%程度とのアンケート結果がある。この程度までしか許容できないとなると、木材利用の仕方でも中途半端になる。例えば床にしても、全面ではなく置き換えやすい一部分、コスト上限を超えない範囲の面積だけ木材にする、といったことになる。
- ✧ 外国企業と日本企業でも動機やニーズは異なる。外国企業にとっては木材利用は環境の観点から必須とのことで、ニーズがある。この観点ではあらわしで利用する必要はなく、とにかく木材利用量（CO₂排出削減・吸収量）が重要になる。国内企業が求めているのが「差別化」である現状では、あらわしでの利用が必須となる。そのためにはコストが上がる。
- ✧ 木材が選択される理由の 1 つに、地元で入手やすい材料ということもある。地域産材や地域の技術の利用、地域の工務店との協働といったストーリーを踏まえて、公共大型建築物をどう作っていくか、顧客の意向をひも解いてこれに応えることが重要。
- ✧ 木材は、コンクリートや鉄骨と異なり工業製品のように常時供給できるものではなく、自然に由来する。設計者、材料提供事業者や施工事業者のタイアップなくしては実現しない。

- 等方性大断面部材の利用の方向性、そのために必要な仕組み

- 等方性大断面部材は面材なので用途は床か壁と考えられる。等方性であるということは上から押したときに強いことを意味するので、床が適正用途となる。耐荷重を持てることを主張していく方向性ではないか。
- 床であれば強度・たわみの性状といった材料の力学的な諸元が基本情報として必要である。続いて、加工可能な最小～最大の厚み、製造可能な寸法の情報が必要。ただし、製造可能な寸法が分かったとしても、日本では運搬上の制約がある。幅 2.4～2.8m、長さ 12m 以上は運ぶことができず、輸送可能なサイズの方法だけでは大型建築物は造れないので、可能な接合技術の情報があると、この建物のこの部位に適用可能なのではという検討が可能になる。そうした情報がセットで提供されることが望ましい。
- 材が見える部位での利用を考えるには、防水性を確保したり劣化を防ぐための塗布が可能か、不燃能力や防腐能力を付加するような追加技術が可能かの情報が必要。こうした情報に基づいて、外壁や土壌と接する下部への適用可能性が検討される。
- 木材を床で使う際は音の問題（足音、物を落とした音が響く等）があり、また競合は比較して相当に安価なコンクリートスラブである。壁材は耐震性能が求められる。CLT も耐震壁にしづらい実態があり、等方性大断面部材も同様の可能性がある。

- 等方性大断面部材同士をきれいに接合し大きくして使用するような方向性は、可能性がある。屋根を大判でかけ渡す、大判を床に使用するというアプローチである。施工のアイデアも含めて施主・設計事業者の情報提供できるとよい。
- CLT を製造できる工場・メーカーは近年増加し、製造能力・製造可能サイズ・供給量が大きくなり価格も安定しつつある。そうした中では、等方性大断面部材にも「費用での競争力」と「安定供給力」が求められる。
- CLT 材の価格が下がってきているにも関わらず流通していないことから、材料の価格だけで勝負できるものではないことが分かる。耐火性能を持たせるためのコスト、慣れ親しんでいない材料に転換するときの負担（乗り換えコスト）も大きな阻害要因である。
- 地方では、建物が密集しないため耐火の要件が課せられないケースも多いことから、この領域でコストパフォーマンスのよい建物で勝負しうる。中高層建築物が少ないため、いま建てると差別化を図ることもできる。非木造の建物の上部に低コストな木造を載せるといった単純な工法ができると普及する。そのために、設計時の計算を容易にする情報・データの提示が必要。汎用的な設計マニュアルの整備が必要であり、現在それがないことが普及阻害要因である。
- 接合部まで含めて全て計算できるツールがあり、それを満たす金物が開発されていることが、普及のポイントとなる。あとは、そうした建築物が要求する強度の等方性大断面部材を製造できるメーカー側が、価格及び製造納期を提示できればよい。
- 施工事業者からは、防蟻や防腐対策についてや、施工時に雨にさらされることが問題なるか等、施工上の問い合わせが製造メーカーに来ると考えられる。
- こうした事業者ごとの疑問や問合せに対する相談窓口があり、課題を解決してくれる体制が構築されていることは望ましい。

2.3 環境配慮型コンクリートに関するヒアリング

- 環境配慮型コンクリートの取組の必要性
 - 大手の建築会社が得意とするビル物（階数が高い建物）では、まず耐震性能、次いで耐火性能問題となる。住宅ならまだしも、ビル物は木材だけでは地震に耐えられない。耐震性を付与するのが大きな課題であり、その点で鉄・コンクリートとのハイブリッドにならざるを得ない。コンクリート以外の材料として、鉄は電炉や水素製鉄を利用した低炭素製品が実用化されるまでに 5 年ほどかかると見ており、それゆえにまずはコンクリートでの環境配慮に着手している。
- 環境配慮型コンクリートの種類と概要
 - 環境配慮型コンクリートは大きく 3 種類に大別される。
 - ✧ ①セメントを製造時 CO₂ 排出量の少ない材料に置換する
 - ✧ ②Ca を持っている材料（粉体）に CO₂ を取り込み（CaCO₃ を製造）、これを

材料に使用する

- ✧ ③コンクリートが固まる前に CO₂を吸収させる
- 上記 3 種類の技術は、単体でも組み合わせることによっても環境配慮型コンクリートを製造することは可能。もっとも一般的なのは①。市場に流通している生コンクリートの 2%程度は既に①の技術を用いた製品である。
- 商用化されているのは①のみ。汎用品に近く、価格競争力がある。材料となるフライアッシュや高炉スラグはサプライチェーンが構築されており、一般的に入手でき、特殊な材料を必要としない。②は、CO₂を吸収・貯留する材料が一般的に出回っておらず、サプライチェーンに課題がある。③は、コンクリートに CO₂を吸収させるのに巨大な装置が必要。
- 一般的なコンクリートとの比較
 - コスト比較
 - ✧ 上述の①～③の製法それぞれについて、①だと一般と比べて 10～20%の高価格、②は原料のサプライチェーンが構築されていないことから値段をつけることすら困難、③は一般と比べて少なくとも 3 倍のコスト。
 - ✧ ①については、特殊な材料を用いているためコストが上がる。例えばセメントの代わりに高炉スラグを用いる場合、何十 t もあるサイロの 1 つを高炉スラグ用に空にしなければならないといった実態上のコストもある。
 - ✧ コンクリートには、生コン（半製品）で現場に持ち込むものと、ブロックのように工場で固めて現場に持ち込む 2 タイプがある。生コンは材料なので材料費が分かりやすいが、製品として出すと材料コストが見えづらい。どの断面でコストを捉えるかで見え方が変わる点に注意が必要となる。
 - シンプルな製品であれば、従来のコンクリートとあまり変わらないとか 1 割増程度の価格増で出荷されている例もある。例えば床の仕上げ材で意匠に凝ったものにする等、製品によっては加工費が増えて材料費のインパクトが小さくなる。よって、製品における一般のコンクリートとの価格差はケースバイケースとなり、小さいと 1 割、場合によっては 2 倍と言った大きさになる。
 - 生コンの場合は、日々作り続けることが必要という別の課題がある。通常製品と新製品を両方作ろうとすると工場のラインを切り替えなければならず、生産のバランスを取るのが難しい。現状だと、工場を借り切る値段の方が、材料費より圧倒的に高くなってしまう。解決の一案として、経済特区を設けて専用工場を整備できれば、本当のコストが見えてくる。
 - ライフサイクル GHG 排出量の比較
 - ✧ 個社によりライフサイクル GHG 排出量の算定対象は様々である。環境配慮型とするための追加の加工工程、原料・製品の輸送工程、原料（セメント等）の製造会社における Scope 3 排出量を計上対象外としているケースもある。

- ◇ 例えば上記①～③の製法のうち、①で高炉スラグにてセメントを代替するケースでは、高炉スラグの製造時に CO₂ 排出が生じているものの、高炉スラグ自体が副産物であるため、製造時排出量は主産物の鉄鋼にアロケーションされ、高炉スラグの環境効果は高く見える。ただしこれはアロケーションの問題であり、世界全体の CO₂ 排出量を減らしているわけではないため注意が必要。
 - ◇ コンクリートにおいてライフサイクル GHG 排出量を減らす方法は、以下の3通りである。
 - 1) 高品質なコンクリートを製造し、使用量自体を減らす（ただし重量当たりの CO₂ 排出量は増える可能性がある）。資材の運搬から施工・引き渡し・解体等までをライフサイクルとして算定するが、土木構造物の場合は解体は算定対象外となる（100 年後といった将来になるため）。ただし、材料の持つ排出量ではなく構造物単位での計算となるため、削減量の算定にあたっては、参照排出量（比較対象）を求めるために建てない従来型建築物の設計図を描き必要材料・工程、それらに関する排出量算定を実施する必要がある。
 - 2) 維持管理方法を改善して、コンクリートの更新頻度を減らしてライフサイクル GHG 排出量を減らす。ただし、将来低炭素型の維持管理方法が開発されたら当該方法は無意味になるため、自社ではこうした取組は実施しないこととしている。また、高耐久にしても予定寿命より先に壊されて意味がなくなる可能性がある。将来に期待しすぎる計算方法はリスクが高い。
 - 3) コンクリート原料のうち排出量の大きい材料（セメント）を減らす。材料の排出量が減ると削減効果は大きい。
- 鉄筋コンクリートとしての利用可能性
 - ◇ 環境配慮型コンクリートには、鉄筋との相性の悪さがある。鉄筋の保護性能が弱い点が弱点となる。一般的なコンクリートは強アルカリ性であるため鉄筋がコンクリートの中にあっても腐食しない。一方の環境配慮型コンクリートはアルカリが弱いため、鉄筋を腐食から守りづらくなる。環境配慮型コンクリートには上述の通り複数種あるが、程度の差はあれど、いずれもセメントの使用量が減っているためアルカリが弱くなることに変わりはなく、同様の弱点を持つ。
 - ◇ コンクリートに CO₂ を固定する機会は以下の5回が考えられる：①原料(CCU マテリアル等) に CO₂ を吸収させておきこれを用いる、②材料を練り混ぜる際に CO₂ を一緒に練り混ぜる、③練り混ぜた後に固まる過程で CO₂ を吸収させる、④建設後の建物が CO₂ を吸収する、⑤解体・再構築の際に CO₂ を吸収させる。①のように廃棄物・副産物等の原料に含まれる強アルカリに CO₂ を吸収させると弱アルカリ性の炭化カルシウムが生成される。これを強アル

カリのスラグで固めると強アルカリが維持されるため、鉄筋と共に使用することが可能である。

- 製法に応じた用途の制限
 - ✧ 製造時に CO₂ を吸収させるプロセスがある製品の場合、現場で型枠にコンクリートを流し込むということができず、工場で固めて製造できる製品製造に用途が限定される。環境配慮型コンクリートが普及すると、今後はこのプレキャストが主流になっていくと考えられる。
- 商品化・普及に向けた取組
 - 建築・土木の両分野におけるちがい
 - ✧ 施主に環境価値を認めてもらえるかが課題である。この点、かつては苦労したが、ここ数年で状況は劇的に変化してきた。2050 年カーボンニュートラルの流れの中で、民間の意識が大きく変化し、環境配慮のためにコストを負担する素地ができてきたと感じられる（とりわけ、ビル建設に取り組む大手企業）。それでもコストは大きな課題である。
 - ✧ 建築分野はコストが判断要素として大きいため、他の材料価格も高騰している中で、コンクリートの中でもコストの高い材料は選択されづらい。
 - ✧ 土木分野は顧客が国や自治体等の公的機関のため、多少お金がかかっても環境配慮につながる取組として、多少価格が上がっても環境配慮型を選択していただきやすい。このため適用事例は増えているが、市場自体が大きい。現在は啓蒙の時期であり、件数は増えているが、いざ実装段階になるとコストが顕在化すると見ている。
 - 法的課題への対応
 - ✧ 建築分野での利用には、建築基準法に従う必要がある点が課題である。新たに開発された材料については法体系がないが、法整備をしようとするの実績が問われ、実績を積むには基準（法体系）が必要になる。近年は理解が進み、実績の蓄積が優先されているうえ、告示の制定に向けた取組が進んでいる。全体の法・規制の改正という手法の他に、特別なルート（指定建築材料に位置づけられるまでの間は建築基準法第 20 条に基づく認定を取得する／等）で使用を認めてもらうとか、建物ごとに大臣認定を取って適用するというルートが考えられる。ただしこれには手間のかかる手続きを要する。
 - ✧ 土木構造物は発注者が公共物のオーナーなのでインハウスのエンジニアが専門家として体制内におり、建築基準法に縛られず、発注者が了承すれば造ることができる。土木構造物は法改正が要らないため環境配慮型コンクリートの普及のスピードが速い。土木学会にこうした課題や自社取組の成果情報をインプットして新たな指針を作ってもらうことにも取り組んでいる。こうした指針を各企業が使ってくれるようになれば、土木構造物への環境配慮型コンクリートの適用はさらに進む。
 - コスト削減の取組

- ✧ 一般的なコンクリートとの価格差をどこまで埋められるかが課題である。
- ✧ CO₂をコンクリートに吸収させる製法の場合、吸収に要する期間を短縮することで製品製造の回転率を上げ、コストダウンを図る挑戦がなされている。
- ✧ セメント代替材料の調達価格の高さも一因であり、これについては大量生産による低コスト化が考えうる。
- ✧ 原料や製品に吸収させる CO₂の調達に費用が掛かっている点が、現時点での大きな課題である。環境配慮に貢献するものであり、無償もしくは逆有償で CO₂を調達できるものと考えていたが、現状そうっていない。購入に費用が掛かることに加え、例えば火力発電所の排ガス CO₂を使う場合、有害物質が含まれており純度が低いいため吸収させるのに時間がかかっていることから、濃度・純度をどう高めるかも課題である。
- 規格化や特許取得の取組
 - ✧ 顧客に環境価値を明示するための CO₂排出削減・吸収量の算定に向けた試験方法、品質管理方法の規格化（JIS、ISO）が進められている状況。
 - ✧ 海外展開を見据えた場合には、国際特許の取得も必要との認識。
- 海外展開に関する展望
 - ✧ 低炭素型コンクリートの開発には複数の国が取り組んでいるが、カーボンニュートラルに近い形で CO₂を削減した商品化を実現しているのは日本だけであり、その点は世界に先行している。ただし、世界に様々な低炭素型コンクリートがある中では、価格・CO₂吸収量・汎用性・実用性という複数の観点で競争に勝っていく必要があり、CO₂吸収量の面で突出しているというだけでは難しい。

巻末資料：研究発表・講演、文献、特許等の状況

(1) 研究発表・講演
なし

(2) 論文
なし

(3) 特許等（知財）
なし

(4) 受賞実績
なし

(5) 成果普及の努力（プレス発表等）
なし

契約管理番号：	24001262-0
---------	------------