

非住宅におけるCLT建築の研究

— 揺籃期の日本の事例を対象にして —

Keywords

CLT 非住宅 木材利用促進計画
森林 CLT使用量 都市木造



AK14086 中山 竜斗

1. 研究背景

1.1 国内の森林資源の現状

日本は世界有数の森林国である。戦後から続けられた植林活動によって国内の森林資源の蓄積量はこの半世紀で2.6倍に増加しており、人工林は約5.4倍に達している。しかし多くの木が伐採期を迎えているが十分に活用されていない。この問題に対し国は平成22年の林野庁「公共建築物における木材利用の促進に関する法律及び基本方針」の施行や平成23年の国土交通省「公共建築物における木材利用促進のための計画」の策定をし木材利用の促進が図られている。日本の森林蓄積量の推移を図1に示す。

1.2 木材の炭素貯蔵効果

木材の利用促進をする理由の一つとして木材の炭素貯蔵効果が挙げられる。樹木は炭酸同化作用により太陽の光を吸収して空気中の二酸化炭素を固定する。樹木が伐採され、木材として使用されている間も貯蔵されたままであり、大気中から吸収した二酸化炭素が木材から大気中に放出されることはない。そのため、木材は炭素の貯蔵庫、炭素の缶詰と呼ばれている。木材を使用した建築を増やし長期間使用することは地球温暖化防止の策として重要な役割を担っていると考えられる。木材利用の一つの方法としてCLTを使用することが検討されている。

1.3 CLTとは

Cross Laminated Timber(クロス・ラミネイティド・ティンバー)の略であり、厚さ12mmから50mmのひき材(ラミナ)を幅方向に並べこれを互いに直行して積層接着した大型の木質パネルである。現在、日本国内では最大で厚さ270mm、幅3000mm、長さ12m程度のものが製造可能である。CLTパネル工法とは鉛直荷重及び水平力に対してCLTパネル自体が抵抗する構造をいう。

2. 研究目的

本研究では、日本国内に建設されたCLTを用いた住宅ではない建築を事例として調査する。日本CLT協会が公開されているCLTを用いた建築の中から住宅、実験棟以外を選定した。1つの建築物に対してCLT使用量、単位面積当たりのCLT使用量(以下、単位使用量とする。)、二酸化炭素固定量などを算出し、関係性を探ることを目的とする。対象建築の一覧を表1に示す。

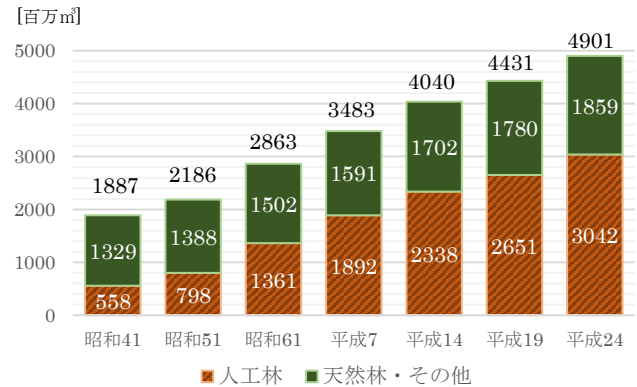


図1 日本の森林蓄積の推移図

(林野庁「森林資源の状況(平成24年)」を元に作成)

表1 対象建築一覧表

No	建築名称	用途	階数
1	変なホテル・ウエストアーム	ホテル	2
2	ホテルサンライズ CLT 棟		2
3	熊本県西原村 仮設宿泊施設	宿泊施設	1
4	田井高齢者福祉施設	福祉施設	2
5	ぶろぼの福祉ビル		5
6	高知県立農業担い手育成センター	寄宿舎	2
7	郡山ヘアメイクカレッジ	学校	2
8	榛名神社 奉納額収蔵庫	収蔵庫	1
9	㈱林材木店 アッセンブル倉庫	倉庫	2
10	札幌駅前通まちづくり㈱ CLT 仮設店舗	仮設施設	1
11	Café CLT	飲食店	1
12	YUKI HAYAMA STUDIO	工房	1
13	大本静岡分苑	集会施設	1
14	協同組合オホーツクウッドピア	セミナーハウス	2
15	㈱長谷萬館林事業所工場内事務所	事務所	1
16	井上ビル		2
17	窪津漁業協同組合事務所		2
18	高知県森連会館		2
19	三井ホームコンポーネント㈱ CLT 事務所棟		2
20	ST 柳町 I		3
21	㈱カネシロ新事務所		3
22	ウッドエナジー協同組合事務所		3
23	高知県自治会館		6
24	真庭バス停		バス停 ・ 休憩所
25	BusStop-0	1	
26	安芸太田町上本郷 バス停	1	
27	清水道南行バス停	1	
28	ハーパーランドバス駐車場 CLT 休憩所	1	
29	Arbor-H	1	
30	サンシェードテラス	1	
31	木テラス	1	

3. 研究方法

日本CLT協会¹⁾で公開されている資料、図面を元に各建築のCLT使用量を算出、平成28年に国土交通省が公開している資料^{2,3)}を元にCLT以外の構造材使用量、鉄筋コンクリート部分の算出、二酸化炭素固定量は木材使用量に木材換算係数を用いて算出を行った。単位数量は延床面積で割り求めた。これらの算出データを元にどのような関連性があるか分析を行った。

4. 研究結果

4.1 CLT使用での現状分析

① CLT単位使用量

図2より延床面積の規模が単位使用量に影響を及ぼすためバス停・休憩所として利用されているNo24からNo31は高い単位使用量を示す結果となった。他の在来工法の木材単位使用量は一般的に木造軸組工法の住宅が0.191[m³/m²]⁷⁾、枠組壁工法が0.173[m³/m²]⁷⁾、木質プレハブ工法が0.153[m³/m²]⁷⁾とされている。これらと比較するとNo3は木造軸組工法の約3.8倍、No10は約3.5倍、No14は約3.1倍の木材を使用していることが確認できた。単位使用量が高くなった要因はNo3,10の建築はCLTパネル工法で壁・床・屋根全てにCLTを使用しているためである。No15は木造軸組工法であるが、耐力壁と床、屋根にCLTを使用しているため、CLTパネル工法と同程度の単位使用量となった。

② 木質構造材単位使用量

ここでは木質構造材はCLT使用量とCLT以外の構造材使用量の合計を指す。図2より木質構造材単位使用量を見ると、No23以外は木質プレハブ工法の単位使用量を上回る結果となった。在来工法とCLTの組み合わせにより、非住宅の建築も住宅と同程度の木材を使用することが可能であることが確認できた。

③ 単位重量

2階建、延床面積150m²の住宅の一般的な単位重量は木造軸組工法0.041[t/m²]⁴⁾、重量鉄骨造0.70[t/m²]⁸⁾、鉄筋コンクリート造0.153[t/m²]⁸⁾となる。図3でこれらと比較すると鉄筋コンクリート造との混構造であるNo23は単位重量が1.13[t/m²]となり、重量鉄骨造より重い、それ以外の建築は下回る結果となった。

④ 単位固定量

参考として延床面積136m²の一般的な各住宅の二酸化炭素単位固定量は木造軸組工法住宅0.044[t/m²]⁹⁾、鉄筋コンクリート造住宅0.012[t/m²]⁹⁾、鉄骨プレハブ住宅0.011[t/m²]⁹⁾となる。図4より全ての対象建築が木造住宅、鉄筋コンクリート造住宅、鉄骨プレハブ住宅の数値を上回った結果となった。No23は1階から3階が鉄筋コンクリート造であるが、木造軸組工法とCLTを併用することで住宅と同程度の二酸化炭素単位固定量を得ることが確認された。

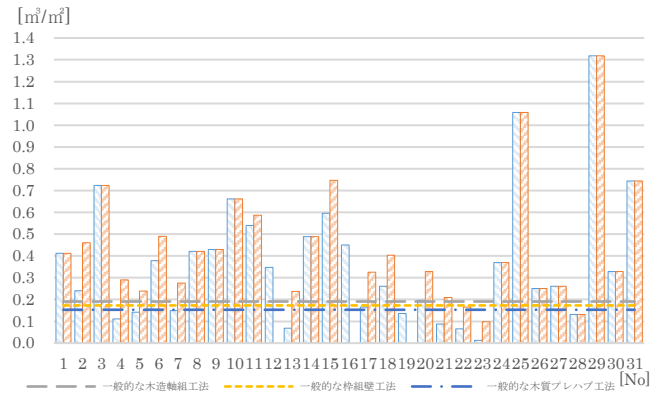


図2 各建築のCLT単位使用量(左)と木質構造材単位使用量(右)

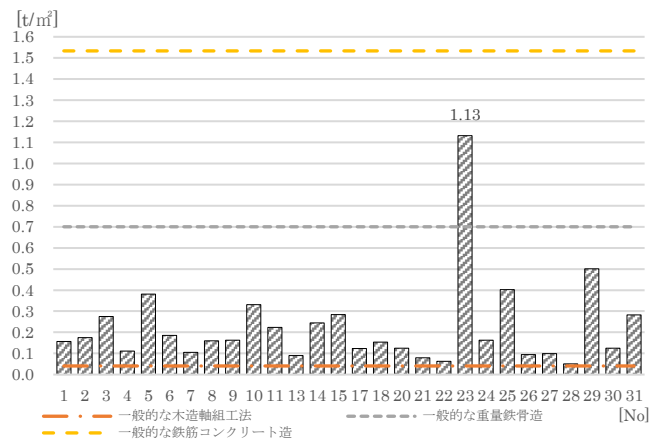


図3 各建築の単位重量

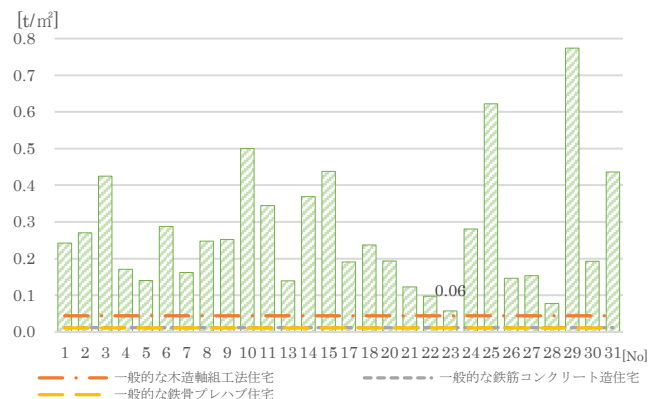


図4 各建築の単位固定量

5. 研究分析

5.1 中高層建築でのCLT利用の可能性

CLT単位使用量と各建築の代表居室面積の2要素による分析を行った。図の軸は2つの平均値を取りその数値を軸に設定した。設定した軸により左上を「CLT低利用大空間型」、右上を「CLT多利用大空間型」、左下を「CLT低利用小空間型」、右下を「CLT多利用小空間型」とする。その結果を図5に示す。

CLTパネル工法だけでは大空間を持つ建築を計画するのは難しいことが言える。しかし、集材材や木造軸組工法、鉄筋コンクリート造といった既存の工法との組み合わせによって、CLTの需要は高まると考えられる。

中高層建築でのCLT利用は対象建築の中でも多い事務所での使用が多く進むと考えられる。現在、CLTの製造

工場は日本に8つ存在し、今回の研究で対象建築のCLT供給先は銘建工業株式会社(岡山)と山佐木材株式会社(鹿児島)の2つであった。今後、残りの工場も本格的に稼働すれば、競争も起こり、品質の向上などにつながる可能性があると考えられる。

5.2 炭素固定に注目しての分析

延床面積と単位固定量の2要素による分析を行った。図の軸は2つの平均値を取り、その数値を軸に設定した。設定した軸により左上を「高固定小規模型」、右上を「高固定大規模型」、左下を「低固定小規模型」、右下を「低固定大規模型」とする。その結果を図6に示す。

非住宅の用途の建築でも木材を使用することで地球温暖化に大きく貢献できると考えられる。CLTを使用した建築は二酸化炭素の固定量が非常に高く環境負荷が小さいことが言える。

5.3 事例の分析

5.3.1 熊本県西原村 仮設宿泊施設

CLTパネル工法で建設され、壁・床・屋根にCLTを使用し壁は90mm厚、床は90,150mm厚、屋根は150mm厚である。熊本地震での被災者向けの休憩・宿泊施設であり、銘建工業が建設し寄付したものである。外観と内観写真を図7に示す。図5ではCLT多利用小空間型、図6では高固定小規模型に分類される。CLT単位使用量は0.72[m³/m²]、単位固定量は0.43[t/m²]となった。

地震大国である日本では震災後の仮設建築は切り離せない問題だと考える。平成23年の東北地方太平洋沖地震、平成28年の熊本地震、と大地震が発生し、今後も地震が発生する可能性がある。さらに、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会で計画されている仮設建築

物を可能な限り木造化するとし、仮設建築物にCLTを使用する計画である。これらの事から仮設建築でのCLT利用が拡大すると考えられる。

5.3.2 高知県森連会館

木造軸組工法で建設され、壁・床・屋根にCLTを使用し壁は90mm厚、床は150mm厚、屋根は180mm厚である。外観と内観写真を図8に示す。図5ではCLT低利用大空間型、図6では低固定大規模型に分類する。CLT単位使用量は0.26[m³/m²]、単位固定量は0.24[t/m²]となった。

用途が事務所であり大空間が必要だったため、壁が少ないがCLTを両側から挟む構造で使用量が増加し、延床面積が1000m²を超えている建築の中で最も単位固定量が多い結果となった。

CLTは耐力壁と防火被覆、仕上げの3つの役目を兼ねる使い方で設計している。設計当時、CLTには建築部材としての基準が存在しないため、耐力壁として使用するための強度実験、軸組部材の被覆に使用するための防火性能試験の2つを行い採用している。壁量の多い南北方向で使用し、150mm角の柱を90mm厚のCLTが両側から挟むように設置している。

5.3.3 ST柳町I

CLTパネル工法と木造軸組工法で建設され、壁・床・屋根にCLTを使用し壁は150mm厚、床と屋根は90mm厚である。外観と施工写真を図9に示す。図5ではCLT低利用小空間型、図6では低固定小規模型に分類する。CLT単位使用量は0.20[m³/m²]、単位固定量は0.19[t/m²]となった。

3階建の建築であり、細長い形状のため1階の短辺方向の耐力確保はトイレなどのコアまわりの短辺方向をCLTの耐力壁を二重の300mm厚にし、空間を確保している。

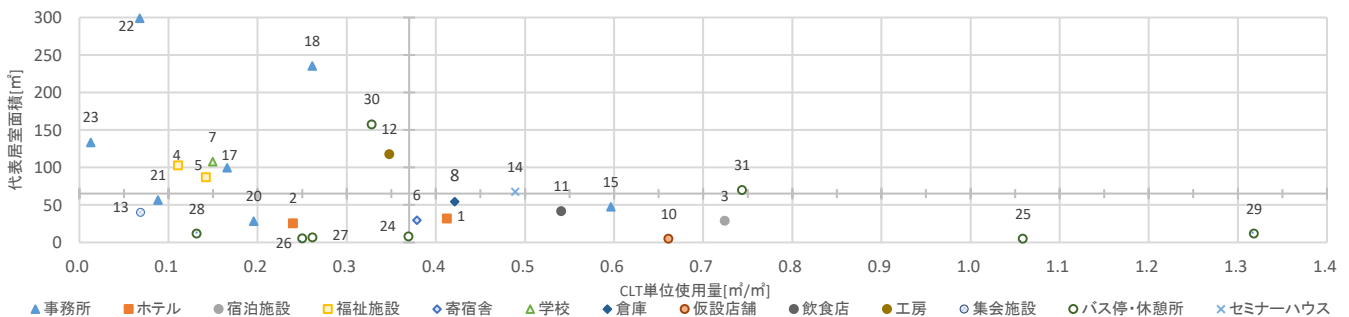


図 5 CLT 単位使用量と代表居室面積の関係

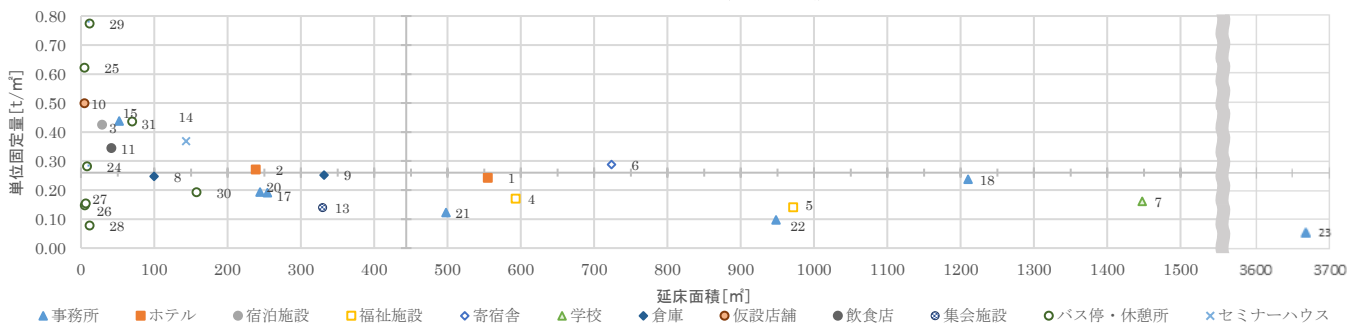


図 6 単位固定量と延床面積の関係

この建築は、最高高さ13m以下かつ軒高9m以下に抑え、45分準耐火建築物としている。4階建も可能な敷地であるが3階に抑えることで燃えしろ寸法が小さく済み、部材を細く、軽くできる利点がある。

5.3.4 高知県自治会館

1階から3階が鉄筋コンクリート造、4階から6階が木造軸組工法で建設され、壁にCLTを使用している。壁は耐力壁が150mm厚、間仕切壁は90mm厚である。外観と内観写真を図10に示す。図5ではCLT低利用大空間型、図6では低固定大規模型に分類する。

CLT単位使用量は $0.01[m^3/m^2]$ 、単位固定量は $0.06[t/m^2]$ となった。1階から3階が鉄筋コンクリート造であるため、CLT単位使用量が低い結果となった。

平面構成で南北方向中央部の高耐力が必要となる耐力壁にCLTを使用している。間仕切壁及び可動間仕切壁にはCLTを現しで使用している。1階と2階の中間層に免震層を設け、災害時の津波避難及び防災拠点の機能を持つ、鉄筋コンクリート造と木造の混構造にすることで都市型の木造建築を実現している。

6. 結論

多くの建築が既存の工法より木材使用量が高いことが確認できた。木造軸組工法と比較するとCLT多利用小空間型ではバス停を除き7件あり、CLT単位使用量が平均 $0.53[m^3/m^2]$ であり約2.8倍の木材使用であった。集成材などを使用し既存の工法より多くの木材を使用している例も見られた。CLT低利用大空間型では、バス停・休憩所を除き8件あり木質構造材単位使用量が平均 $0.25[m^3/m^2]$ であり木造軸組工法の約1.3倍の木材使用であった。

炭素固定についての分析では高い二酸化炭素固定量を確認できた。高固定小規模型では平均 $0.39[t/m^2]$ 、高固定大規模型では平均 $0.29[t/m^2]$ 、低固定小規模型では平均 $0.2[t/m^2]$ 、低固定大規模型でも平均 $0.15[t/m^2]$ であった。

CLTを使用した非住宅の建築が増加すると考えられるため、今後も分析する必要があると考える。

参考文献

- 1) 一般社団法人日本CLT協会 <http://clta.jp/>
- 2) 国土交通省：非木造建物調査積算要領，国土交通省，2016
- 3) 国土交通省：木造建物調査積算要領，国土交通省，2016
- 4) 清水秀丸・他：新築木造住宅の重量算定-実大試験体を用いた重量計測-，日本建築学会，2009.2
- 5) 大熊幹章：地球環境保全と木材利用，全国林業改良普及協会，2003
- 6) 「CLTの燃えしろ設計で繁華街に準耐火木造ビル」『日経アーキテクチャ』（2017年9月）日経BP社，pp.74,76
- 7) 木造住宅の建築工法別木材使用比率(平成9年)
<http://www.zenmoku.jp/>
- 8) 福屋産業 <https://www.fukuyasangyo.com/>



図7 熊本県西原村 仮設宿泊施設 (No.3) ¹⁾



図8 高知県森連会館 (No.18) ¹⁾



図9 ST 柳町I (No.20) ⁷⁾



図10 高知県自治会館 (No.23) ¹⁾