

# CLTパネル工法の建築物に関する考察 —設計段階までの課題について—

網走開発建設部 施設整備課 ○土井 雄也  
旭川開発建設部 施設整備課 田中 翔大

CLTを構造材とした建築物の建築基準法に基づく告示が公布・施行され、通常の建築確認により建築可能となってから3年が経過したが、CLTパネル工法の事例が極めて少なく積極的な活用には至っていない。

本研究は、CLTパネル工法を活用する際のコストや材料供給、設計手法など、設計段階までの課題と改善方向を検討し、更なる木材利用促進を実現する為の一考察である。

キーワード：CLT、木材利用促進

## 1. はじめに

### (1) 背景

我が国は国土面積約3,780万ha<sup>1)</sup>に対し、森林面積は約2,500万ha<sup>2)</sup>であり、国土面積の約3分の2を森林が占め、図-1の通り年間約7,000万m<sup>3</sup><sup>3)</sup>の森林が育つ世界有数の森林大国だが、森林の活用状況は年間約4,300万m<sup>3</sup><sup>2)</sup>にとどまっている。そのうち、製材用及び合板用等で利用される森林が全体の約5割<sup>2)</sup>を占め、ウェイトが大きい。国産木材供給量は、住宅着工数の減少や木材輸入の全面自由化等により長期的にみると減少している。近年、上記供給量は回復傾向にあるものの、図-2に示す通り、国内の人工林の半数以上が一般的な主伐採期である50年生を超えており、森林が適切に活用されていない現状にある。

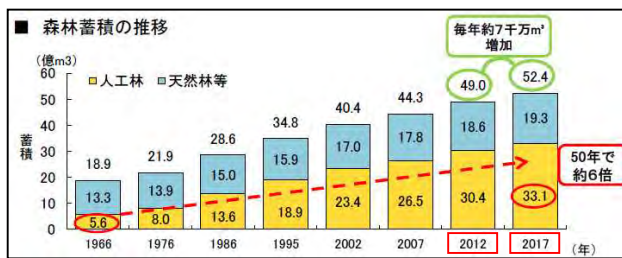


図-1 森林蓄積の推移<sup>3)</sup>

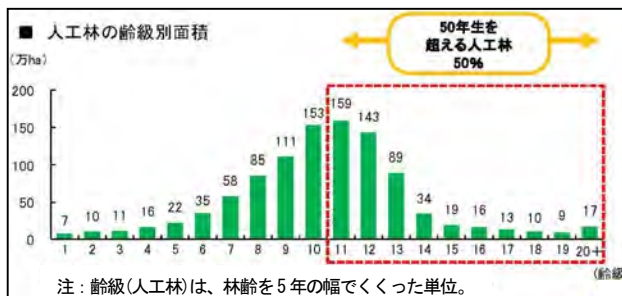


図-2 人工林の齢級別面積<sup>3)</sup>

そこで、木材利用のための法律として平成22年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律(以下「木材利用促進法」)」が公布・施行され、同法の基本方針に「国産材の需要を拡大することは、林業の再生、森林の適正な整備、地域経済の活性化に資するものである。」<sup>4)</sup>と記され、特に国産材の利用を促している。

これら背景から、図-3に示す通りこれまで木造化が進まなかった中高層・中大規模建築物に木材利用を進めることは新たな木材需要の創出のため、重要と考えられる。

その新しい需要創出が見込まれている木材製品としてCLT (Cross・Laminated・Timber) が着目されており、在来よりもm<sup>2</sup>当たりの木材使用量が多く、木材の有効活用になる新材料である。

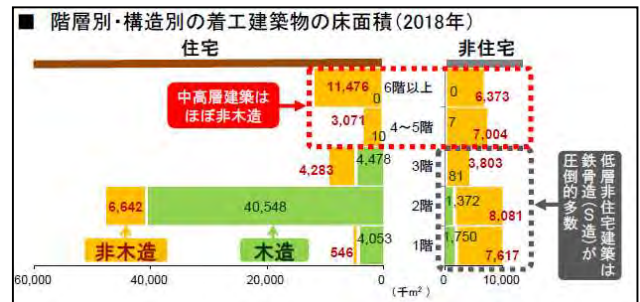


図-3 階層別・構造別着工建築物の床面積<sup>5)</sup>

### (2) 研究目的

北海道におけるCLTパネルを使った事例(一般住宅は除く)は2019年時点で6件ほどであり、CLTに関する知識や技術が定着しておらず、CLTを採用するにはコスト、材料供給、設計手法等いくつかの課題を解決する必要がある。

本研究では、CLTを採用する場合の現状とその課題及び改善の方向性を述べ、CLTによる木材利用を促進するための一考察とする。

## 2. CLTとは

### (1) 定義

日本農林規格（以下「JAS」）では直交集成材と呼ばれる材料の一種であり、ひき板（ラミナ）を並べた層を板の方向が層毎に直交するように重ねて接着した大版のパネルを示す材料である。<sup>6)</sup>

図-4のような構成のCLTパネルを5層7プライの強軸方向といい、表層ラミナの繊維方向が長手方向に対して平行の場合強軸方向となる。また、表層ラミナの繊維方向が短手方向に対して平行の場合は弱軸方向となり、圧縮や曲げに対する強度が異なるので注意が必要である。

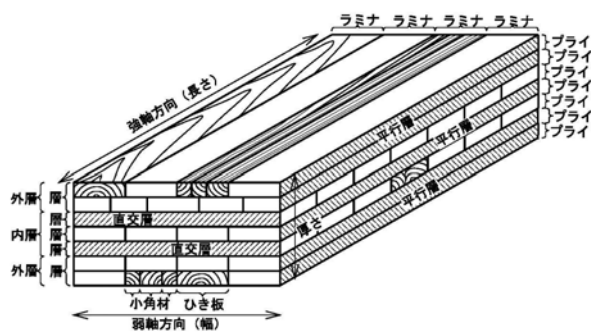


図-4 CLT材各部の名称 7)

### (2) 材料特性<sup>8)</sup>

CLTの材料特性として主なものを次に述べる。

- ① 高い寸法安定性：互いの層が変形を抑える。
- ② 施工合理化：ビスや金物によるシンプルな施工。
- ③ 設計の自由度：木造では困難であった二方向への持ち出しが可能。
- ④ 軽量性：RC造・S造と比較し基礎や地盤への負荷が軽減。
- ⑤ 防耐火性能、現し：一定条件をクリアすると防火被覆を施すことなく現しとすることが可能。
- ⑥ 多機能性：図-5参照

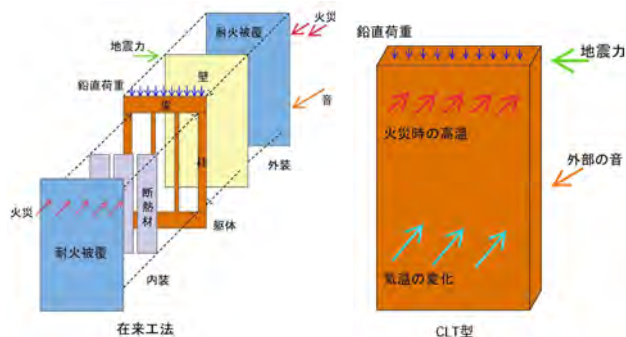


図-5 CLTの持つ多機能性のイメージ<sup>8)</sup>

利点もあるが課題も多く存在する。3章以降では現状、課題とその改善の方向性を述べる。

## 3. 材料供給について

ここでは、CLTパネル及び接合金物について述べる。

### (1) CLTパネル

#### a) JAS認定工場

構造上主要な部分に用いることができるCLTパネルを用いて、CLTパネル工法とする場合、直行集成板のJASに規定されるものとされている。<sup>8)</sup>

現在、日本国内においてJAS認定工場は8社あり、加工まで一貫して行える工場は5社である。<sup>8)</sup>

道内で唯一の工場が北見市にあり、年間最大製造量は500㎡だが、2018年度の製造量は50㎡にとどまっている。2018年度の国内総製造量30,000㎡からすると北海道での製造は少ないと考えられる。<sup>8)</sup>

一方、日本国内のJAS認定工場で製造出来るCLTパネルの合計は年間約70,000㎡程であるが、2018年は30,000㎡、2019年は50,000㎡以上の製造が想定され、今後も増える見込みがあるため、CLT製造工場を拡大する必要があると考える。<sup>8)</sup>

しかし、CLT製造の新規参入は難しいのが実情である。CLTを製造するための設備は、木材を全方向でプレスする必要があり、集成材の設備では対応出来ないため、新たな設備投資が必要になる。また、現在稼働しているほとんどの認定工場が補助金によりCLT製造業に参入した工場である。一方、認定は取得したが、設備が整わず生産を断念する工場もあり、現状では採算が取れず、工場の新規参入は厳しいと考えられる。そこで、充実した補助金制度が確立されることで多くの工場がCLT製造に参入されることを期待したい。

#### b) 納期

CLTパネルにおける注文から納品までの工程について一例を以下に示す。(CLT材各部名称は図-4参照)

- ① ラミナの製造  
ひき板（小角材を含む）の乾燥及び切削等
- ② ラミナの仕分け  
強軸方向ラミナと弱軸方向ラミナの仕分け等
- ③ CLTの製造  
ラミナ及びプライの仕組み及び接着等
- ④ 成形加工
- ⑤ 輸送

上記製造工程で一般的な建物の場合、約3~4ヶ月の期間を要する。また、北見市の工場で製造が不可能な1.2m×6.0mを超えるCLTパネルサイズに関しては、道内産の樹種を製造可能な工場に持ち込むことで製造可能であり、納期は上記の製造工程に2~3週間ほど加えた日数である。<sup>8)</sup>

なお、現在北見市の工場では主にカラマツ材のCLTパネルを製造しているが、今後カラマツ材が減少傾向になりうるため、トドマツ材での製造も検討されている。

### c) 改善の方向性

CLTパネルを一般的な材料とするためには、製造工場を拡大していく必要がある。しかし、現在のCLTパネルの需要量では新規参入しても採算を取ることは難しい。そこで我々官公庁が積極的にCLTパネルを利用し、少しでも需要量を向上させ林業再生に貢献することがCLTパネルの一般化、製造工場の拡大に繋がると考える。

CLTパネルの納期については、「3. (1) b)」で述べた通り製造・加工に期間を要する。施工時、躯体や設備、その他関連工事があることから、現場における図面確認の時期及び、設計時の入念な調整に留意する必要があると考える。

また、北海道ではカラマツ材、本州ではスギ材のCLTパネルが多く流通しているが、長期的にみるとカラマツについては蓄積が減少傾向になりうるため、他の樹種の活用も視野に入れ設計を進めると良いと考える。

## (2) $\chi$ (クロス) マーク表示金物

### a) $\chi$ (クロス) マーク表示金物とは

公益財団法人日本住宅・木材技術センター（以下、「住木センター」という。）が2016年にCLTパネル工法用金物として制定した規格金物である。（図-6）

$\chi$ マーク表示金物(写真-1)は、平成28年国土交通省告示第611号(以下「告示<sup>9)</sup>」)「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。また、「公共建築木造工事標準仕様書(平成31年版)国土交通省大臣官房官庁営繕部制定<sup>10)</sup>」では、CLTパネル工法の木造建築に使用する接合金物は、住木センターが規定する「接合金物規格」に適合するもので、直接雨などに当たらない屋外環境または多湿な屋内環境に区分されるものとしている。<sup>10)</sup>



図-6 マーク<sup>11)</sup>

写真-1 クロスマーク金物

### b) 認定工場

現在、日本国内に $\chi$ マーク表示金物の認定工場の拠点は大阪府に3社、茨城県、滋賀県、栃木県に1社ずつ計6社あり、 $\chi$ マーク表示金物用タッピンねじの認定工場は国内に5社ある。<sup>8)</sup>

今後CLT需要が順調に進めば、全国的に品薄状態となる可能性が考えられる。

### c) 納期

CLT接合金物に関しては、使用する金物毎に接合金物の使用量が異なるなど特徴がある。一例を以下に示す。

#### ① U型金物

外壁面及び内壁面ともに金物が現れてしまうため、CLTパネルの木目を全面現しには出来ないが、施工のしやすい金物である。しかし、U型金物の接合金具はタッピンねじであり、床パネル相互を緊結する場合、タッピンねじが40本必要であるため、施工に手間がかかる。<sup>8)</sup> (図-7参照)

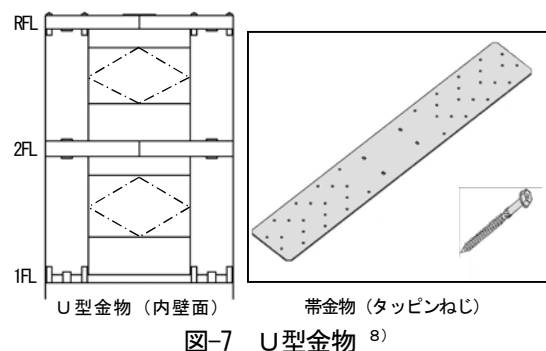


図-7 U型金物<sup>8)</sup>

#### ② 挿入型金物

CLTパネルの小口にスリットを設けて金物を挿入しドリフトピンで緊結する方法により、内壁面には金物が一切現れないのでCLTパネルを現し仕上げとする事が可能であるが、施工精度等を要する金物である。しかし、床パネル相互を緊結する場合、ドリフトピンが8本で済むため施工に手間がかからない。<sup>8)</sup> (図-8)

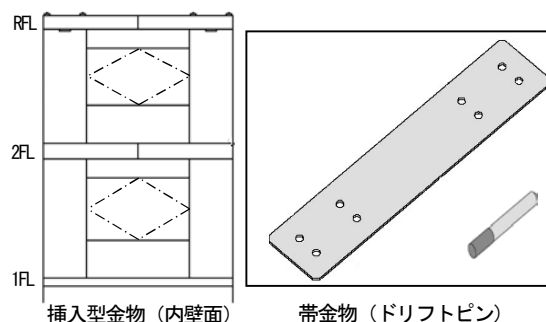


図-8 挿入型金物<sup>8)</sup>

### d) 改善の方向性

認定工場については、CLTパネルの需要が少ないため、 $\chi$ マーク表示金物の需要も少ない状態にあり、認定を取得している工場も少数であるが、CLTパネルの需要に比例して製造工場の規模が拡大するのであれば、需要と供給のバランスは問題ないと考える。

納期については一般に流通している $\chi$ マーク表示金物を使用するため、一部を除いては納期に困ることはない。しかし、認定工場毎に製造している金物が違うことや、使用する金物によって材料の数量が極端に変わるため、注意して設計することが重要である。

#### 4. 設計（設計者）について

CLTパネル工法建築物の実例が少ないことについて、下記(1)～(3)項の要因が考えられる。

##### (1) CLTパネル工法に関する設計者が少ない

通常の建築確認により建築可能となつてから3年が経過する中で、道外ではCLTパネル工法建築物の実例は徐々に増えているが、道内においては、CLTパネル工法の意匠設計の実績がある設計事務所は2018年度時点では1社である。地域によって、CLTパネル工法の建物の発注を考えても、CLTの経験のある設計事務所がほとんどないという状況にある。

##### (2) 法整備後間もない

###### a) CLTに関する告示の施行

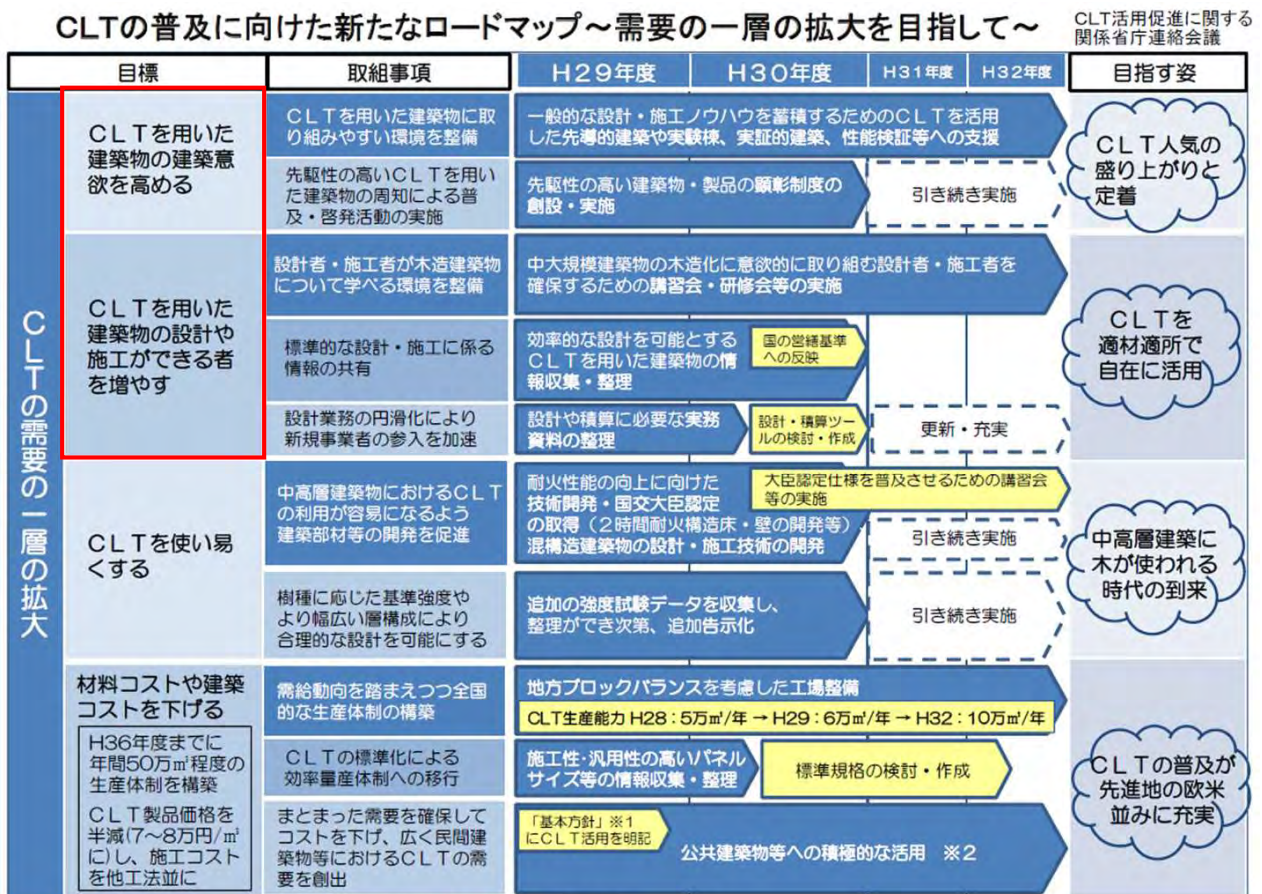
上記4. (1)の背景として、平成28年にCLTパネル工法を用いた建築物の一般的な設計手法等に関する一連の告示が施行されるまでは、CLTを構造部材として用いるには、建築物ごとに緻密な構造計算を行い、大臣認定を受ける必要があった。

##### b) 告示における樹種の追加

樹種に関して、これまで建築基準法でのCLTパネル工法の構造計算に用いる基準強度は、スギに相当する強度等級に限られていたが、平成30年にヒノキ、カラマツ、トドマツ等のCLTパネルの基準強度が告示<sup>9)</sup>に追加され、より高い基準強度の材料が通常の建築確認により建築可能となった。現状、道内の工場におけるCLTパネルの取扱い樹種はカラマツ・トドマツとなっており、樹種の追加によって、道内でもCLTの建物の検討を視野に入れることができる体制になったと考えられる。

##### c) ロードマップにおける現在の位置

4. (1)及び(2)a, b)の経緯を踏まえ、図-9を参考に見ると現段階において全国的には「CLTを用いた建築物の設計や施工ができる者を増やす」段階であるが、北海道においては「CLTを用いた建築物の建築意欲を高める」段階から「CLTを用いた建築物の設計や施工ができる者を増やす」へ移行し始めた初期の段階であると考えられる。



※1 「基本方針」とは、公共建築物における木材の利用の促進に関する基本方針

※2 需要創出の加速化に向けて、平成30年度までに各都道府県に少なくとも1棟を整備しつつ、身近なモデル施設の一層の整備に取り組む。

図-9 CLTの普及に向けた新たなロードマップ<sup>12)</sup>

### (3) 構造設計及びパネルに関する問題

#### a) CLTパネル工法について

CLTパネルを用いた建築物には多様な構造形式があるが、このうちCLTパネル工法は告示<sup>9)</sup>に定義されており、直交集成板を用いたパネルにより水平及び鉛直力を共に負担する壁として設ける工法である。

構造解析ルートとして、時刻歴応答解析ルート、保有水平耐力計算（ルート3）、許容応力度計算等（ルート2）許容応力度計算（ルート1）に適合するものでなければならないとされている。ルート1の建築物は、高さ、軒高、階数に制限があり、建物規模を表-1に示す。

表-1 ルート1で可能な建築規模<sup>9)</sup>

計算ルート		建物規模
ルート3	告示第611号 第八	高さ $\leq 60\text{m}$ 中高層が設計できます。
ルート2	告示第611号 第九	高さ $\leq 60\text{m}$ 階数 $\leq 3$
ルート1	告示第611号 第十	高さ $\leq 13\text{m}$ 軒高 $\leq 9\text{m}$ 階数 $\leq 3$

#### b) 構造設計

構造設計に関する問題として、全国のCLTパネル工法のうち、構造設計について、ほとんどがルート1で計算しているといわれている。理由の一つとして、ルート2、3では数値解析に構造モデルが必要であるが、標準とされるモデルの構成が複雑であることが考えられる。

接合金物に関しては、告示<sup>9)</sup>で要求する性能を満たす金物を選定する必要がある。ただ、ルート1に関しては、要求性能に対応した $\chi$ マーク金物があるため、ルート2、3よりも設計時の負担が少ない。このことからルート1で計算できる建物規模に限定する方向に流れていると考えられる。

#### c) パネル

パネル寸法の規定があること及び、工場ごとに製作可能なパネルの寸法や樹種が決まっているということが設計上の大きな制約として考えられる。

ルート1においては、CLTパネル工法の構成に規定があり、①「耐力壁は長さ90cm以上、2m以下とする」、②「垂壁、腰壁は長さ90cm以上4m以下で高さ50cm以上のものに限り構造上有効な部材となる」、③「構造耐力上支障のある開口、欠込みを設けた壁などは構造耐力上無効となる」などがある。<sup>13)</sup>

全国で最大の大きさのパネルを生産できる工場は岡山の3.0m $\times$ 12mであるが、道内では、1.2m $\times$ 6.0mとなっており、工場ごとにサイズの制約がある。また、トラックの

荷台寸法を超えない範囲でパネル割を設定しなければならないが、2.2m $\times$ 8m程度が搬送を考慮した最大寸法とされており注意が必要である。<sup>8)</sup>

#### (4) 改善の方向性

「4.設計(設計者)について」より、CLTパネル工法自体完成した工法では無いため、今後様々な設計者等に扱われ、改良されていくことが望まれる。そのため、実例を増やすと同時に完成後施設等の見学会を開催しPRすることで、設計者などが興味を持つような流れを作り出すことが必要な一歩と考えられる。

構造及びパネルに関する問題について、現状ほとんどがルート1で行われていることもあり、大規模なCLTパネル需要の創出を狙っていくならば、建物規模の大きなルート2、3の構造設計の合理化及び簡略化が望まれる。また、CLTパネルの特徴を活かした建築は大きな寸法のパネルが望まれ、道外の工場に製造を依頼する事例も多い、そのため道内でも大きな寸法のパネルの製造が必要になると考える。

CLTは新しい工法で、内外装の耐候性、断熱・気密性などの検証が行われている段階であり、遮音や歩行などの振動性能のデータの蓄積も十分ではなく、不具合などが起こることも予測される。今後は得られた知見を集積し、次の設計にフィードバックしてゆくことが重要と考えられる。

### 5. コストについて

近年、CLTパネルの普及によりRC造・S造とのコスト比較に関する文献は多く存在する。しかし、木造在来工法とのコスト比較については見かけることが少ない。

そもそも、CLT造は中大規模建築を木造化可能な材料として注目されていることから、RC造・S造とコスト比較することは自然な流れである。

しかし、CLTパネルを一般的な材料とするため、小規模建築においてもCLTパネルを使用することは、PRとして重要と考える。

そこで、網走開発建設部発注工事で建設された木造軸組構法平屋建ての建物をモデルケースとし、CLTパネルを用いて建設した場合の想定コストと比較する。

#### (1) 建物概要

##### a) 対象①

庁舎規模：木造軸組構法平屋建て  
延べ面積：300m<sup>2</sup>

##### b) 対象②

庁舎規模：CLTパネル工法平屋建て  
延べ面積：300m<sup>2</sup>

## (2) 比較条件

- ① 木造軸組構法平屋建ての耐力壁・屋根をCLTパネルに置き換えるものとする。
- ② CLTパネルの使用は100㎡とする。
- ③ CLT造の内装はCLT現しとする。
- ④ 外壁仕上げは軸組構法と同等とし、コスト差は無いものとする。
- ⑤ CLT造と軸組構法の断熱仕様は同等とする。
- ⑥ 設備工事に関するコスト差は無いものとする。

表-2 コスト比較表（概算）（千円）

科目	①軸組構法	②CLT パネル工法	比率 ②/①
	㎡当り	㎡当り	
基礎	37	37	1.00
躯体	37	117 (80)	3.17
外部仕上	53	53	1.00
内部仕上	78	60 (△18)	0.76
断熱	14	8 (△6)	0.57
設備	92	92	1.00
合計	311	367 (56)	1.18

※( )は①軸組構法との増減額を示す。

## (3) 結果概要

- 今回のコスト比較(表-2)では比率の差が最も大きい項目は、躯体費という結果となった。  
(躯体 317%)
- 内部仕上・断熱についてCLTパネルの特性を活かし断熱材コスト及び内部仕上げを現しとすることで大きなコストカットに繋がった。  
(内部仕上 76% 断熱 57%)
- 合計について、躯体費の影響が大きく、直接工事費はCLTパネル工法が高くなった。  
(合計 118%)

以上の結果からCLTパネル価格の安定化や特性を最大限活かすことで在来工法と競合出来る可能性があることが分かった。また、CLT先進国ではCLTパネルの価格が㎡当たり7~8万円で安定している。この価格は図-9<sup>12)</sup>のロードマップでも目標価格とされている数字である。これを今回のコスト比較に当てはめるとほぼ同額となり、軸組構法との競合が可能な範囲となる結果となった。

## 5. おわりに

本研究を通して、材料供給や設計手法等に関して、様々な課題はあるが、CLTが一般的な材料として供給されるようになれば、パネルの大量生産・規格化や設計手法の確立等の課題を改善出来る見込みはある。とはいえ、CLTを公共建築工事に用いるには、現状のコストでは厳しいことが明らかとなった。

そこで、公共建築でCLTを用いるには、コスト以外の費用対効果を明らかにし、メリットを明確にすることが重要であると考ええる。

ただし、官民の建築シェアを考えると、民間企業にCLTの利用を促し、森林の適正な管理、地方創生、CLTコストの安定化、設計手法の確立等を推進してもらう方が効率的である。しかしながら、現状の滑り出しの段階においては、事例を増やすことが重要と考える。そのため公共建築としてもCLTを活用できる範囲で積極的に使い、コストの安定化を図ることが官公庁発注機関としての努めであると考ええる。

### 参考文献

- 1) 外務省：日本の領土データ
- 2) 林野庁：森林・林業統計要覧 2019
- 3) 林野庁：森林資源の現況
- 4) 国土交通省：公共建築物における木材利用の促進に関する法律についての基本方針
- 5) 国土交通省・林野庁：建築着工統計(2018年)より林野庁が作成
- 6) 一般社団法人 日本CLT協会：これを読めばわかるCLT
- 7) 国土交通省：CLTを用いた建築物の一般的な設計法等の策定について
- 8) 一般社団法人 日本CLT協会：2019年版実務者のためのCLT建築物設計の手引き
- 9) 平成28年国土交通省告示第611号
- 10) 国土交通省：公共建築木造工事標準仕様書 平成31年版
- 11) 日本住宅・木材技術センター：CLTパネル工法用金物規格
- 12) 内閣官房：CLTの普及に向けた新たなロードマップ
- 13) 一般社団法人 日本CLT協会：CLT設計者向け実務講習会の資料