

1. はじめに

戦前・戦後の国内森林の乱伐から豊かな森を取り戻すために、政府は森林保護政策や木材輸入の解禁、都市・大規模木造の規制と鉄筋コンクリート造建物等の普及・促進の施策を進めてきた。これらの取り組みにより、約半世紀の間に森の木々が育ち、現在では49.0億m³の森林資源が蓄積されている。しかし一方でこの間、多くの外国産木材の輸入が増加したことで、国産木材の市場と林業が縮小し、森林整備の担い手不足により森の荒廃が始まっている。国土の約7割を占める森林の維持保全のため、木材需要創出の手段として非住宅の木造化・木質化が提唱され、弊社はその課題であった防耐火技術と木材を使った大規模建築の耐震化技術の実用化により都市空間の木造化・木質化を実現してきたところである。



図1 森林サイクルと建設市場

本稿では、都市部の建築や大規模建築の木造・木質化を実現した防耐火技術と直交集成板 CLT (Cross Laminated Timber) を用いる耐震補強技術、その適用事例を概説し、森林資源を取り入れた建築・まちづくりと空間に対する地域の人々の意識調査の報告を行う。さらに非木造建築の木造・木質化による森林資源・木材需要の増加量、経済効果等についての試算と考察を行う。最後に森林資源を使ったコンパクトシティを形成する上での今後の課題を抽出する。

2. 都市部の建築、大規模建築の木造・木質化の取り組み

(1) 耐火木造建築を実現する技術の実用化

高温に加熱された木材は分解が始まり、260℃前後の温度で可燃性の木ガスが出始め、その木ガスの燃焼と木材の分解の連鎖により、材料が燃え進むこととなる。建築物を支える木造部材に耐火性能を付与する場合には、火災時の部材温度の上昇を抑制し、高温分解と木ガスの燃焼の連鎖を断ち切る工夫が必要となる。国土交通省¹⁾の分類によれば、火災時の部材の温度上昇を抑制する仕組みの違いにより、燃え止まり型やメンブレン型の木造部材があり、各社から実用化された技術が公開されている。

当社が開発・実用化した耐火集成材は、燃え止まり型に分類されるものであり、材料の中に埋め込まれたモルタルが熱を吸収して温度上昇を抑制し、木材の分解と木ガスの燃焼の連鎖を停止させて耐火性能を確保するものである(図1)。

公的な試験所による性能評価試験を経て、国土交通大臣認定を取得し、通常の行政手続きにより建築が可能となった。これまでに6つの建築プロジェクトが竣工し、現在でも都内の公立小中学校での適用プロジェクトの工事が進んでいる(表1)。



図2 耐火実験中の耐火炉内部

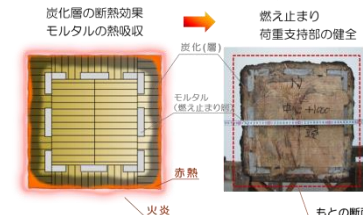


図3 耐火実験後の試験体断面状況

(2) 国土強靱化・施設の防災性能の向上に寄与・貢献する CLT 木質耐震補強技術の実用化

厚さ数 cm、幅 200mm 程度の木板を直交して積み重ねた板状建材となる CLT が普及の兆しを見せている。CLT の日本農林規格の制定に続き、2016 年 3 月には CLT 関連告示が公布・施行され、いよいよ一般的な建築材料としての使用が始まっている。

当社が開発・実用化した CLT による耐震補強技術は、従来の鉄筋コンクリート造の耐震壁に代わるものであり、運搬可能な畳程度の大きさに加工したものを建物内の設置個所までキャスターで運搬し、建て掛けたのちに接着剤で既存躯体に固定するものである。



図 4 CLT 耐震壁の設置施工状況

本工法は従来の鉄筋コンクリート造耐震壁による改修と比べて、次のような3つのメリットがある。

- ① アンカー工事がないため騒音・振動が原則として発生しない。
- ② 工事用資材が少ないため仮設・工事スペースを大幅に縮小できる。
- ③ 省人化・乾式工法であるため工期が短縮でき、また、従来工法とコストは同等となる。

本工法は従来の耐震補強技術である鉄骨ブレース接着工法を転用したものであり、接着剤を注入する施工技術には多くの実績がある。今後、接着工法の専門工事企業へのライセンスにより一般工法として普及に取り組み、さらに入札の伴う公共工事等への適用も可能となるよう条件の整備を進める予定となっている。

(3) 適用事例

これまでに木造・木質化、CLT により耐震補強を実施した事例は次の通りとなる。

表 1 これまでの木造・木質化の取り組み・実績

建物名称	規模・階数	特長	写真・図
大阪木材仲買会館	地上 3 階 延床 1,032.19m ²	国内初の都市部・耐火木造建築で、避難時の高度な安全検証を行うことで、適用が難しかった大胆な木質化も実現している。本建物をきっかけにした木造 PJ が多い。	
横浜商科大学高等学校	地上 4 階, 地下 1 階 延床 1,989.28m ²	国内初の耐火木造建築による教育施設となっている。地元神奈川県産木材を多用したデザインとなっており、各室の用途にあわせた木細工を壁・天井に施している。	
AT グループ本社	地上 6 階 延床 4,321.31m ²	近年の自動車技術の進化に匹敵する建設分野のイノベーション技術を取り込んだ建築の実現をテーマとして、そのひとつの技術として耐火集成材を採用した。	
サウスウッド	地上 4 階, 地下 1 階 延床 10,874.33m ²	商業施設として国内初の“木材現わし”耐火集成材を用いた事例となっている。建築を構成する材料として木材とコンクリート、鉄骨を適材適所に使い分けている。	
中郷会新柏クリニック	地上 3 階 延床 3,134.28m ²	透析治療(週 3 日・1 回あたり 4 時間)時に患者にかかる心身の負担を軽減するための方策として木質空間を導入した。アンケートにてその効果を確認している。	
竹中工務店新倉竹友寮	地上 4 階 延床 3,169.57m ²	直交集成板 CLT を用いて耐震補強を行った。CLT を接着剤で既存躯体に固定するため工期を短縮し、騒音・振動を抑制できるメリットあり。	

3. 都市部における木質空間に対する意識調査

(1) 商業施設での調査結果

2013年10月にオープンした商業施設サウスウッドの来館者に対して、面接アンケートとデプスイントビューを行った。

調査実施日:2014年4月13日

調査サンプル数:面接調査100名、デプスイントビュー5名

調査課題:サウスウッドが木造であることの認知、木造建築であることの魅力 等

調査結果の概要

面接調査対象100名のうち「木造化」の認知者は61名であり、木材利用の環境保全への貢献も「よく知っている」・「なんとなく知っている」があわせて76名となっており、施設の木造化の意図は伝わっているように見られた。「あたたかさ、やさしさ」や「日本の伝統・風土に合った」、「イメージアップ・環境貢献を標榜できる」と肯定的な意見が多くあるなか、少数ながら「火や地震に弱い」といった意見も見られ、今後の木造・木質建築普及にあたり、十分な説明が必要となる事項であることが分かった。また、57名の回答者から高層木造の実現への期待が寄せられていた。

(2) 医療施設での調査結果

透析専門クリニックである中郷会新柏クリニックの通院患者を対象に、施設移転前後で木質空間とすることの影響についてアンケート調査²⁾を行った。

調査実施日:旧棟2015年12月7～19日、新棟2016年2月29日～3月12日

調査サンプル数:旧棟125名、新棟106名

調査目的:木造・木質化が患者に与える環境効果を検証する。

調査結果の概要

調査対象はほぼ同一であるが、院内に設置された回収箱での回収のため旧棟・新棟でのサンプル数が異なっている。緊張や抑うつ、怒り、活気、疲労の5つの尺度から気分や感情を測定するPOMS(Profile of Mood States)の手法により測定した。新旧棟の環境変化による評定値の比較として、有意な差があった項目として「緊張－不安」と「通院や治療に対するネガティブな気持ち」があり、また、有意な傾向があった項目として「疲労」と「抑うつ－落ち込み」があった。これらの調査結果より、患者の心理に変化を与え、陰性気分を低下する効果があったことが示唆された。

4. 国内森林資源を活用する建築・まちづくり

今後、我が国の“魅力ある国づくり”の取り組みが求められる中、森林・自然環境のサステナビリティと優れた社会資本整備の推進において木材利用はひとつの視点となる。3.の意識調査により、人々の生活空間の木造化・木質化は概ね良い影響を与えることが改めて示されたが、ここでは、建築物の木造・木質化により、建築分野全体からの木材需要量を推定し、建設分野の寄与と我が国の森林資源の成長量との均衡について試算と考察を行う。

(1) 非木造建築の木造化による木材需要増加量等の試算

① 試算の目的と内容

2.で実例を示した木造建築のデータや建築着工統計調査報告³⁾より、1年間に建設される非木造建築の一部木造化した場合に発生する木材需要を試算する。続いて、その際の年間森林資源成長量とのギャップ等を明らかにする。

② 国産木材の供給

平成27年度森林・林業白書^{4),5)}では、国内の森林資源成長量約1億m³、木材需要量7,580万m³、木材供給量2,365万m³が示され、木材自給率は31.2%となっている。

③ 新築・非木造建築の木造化による木材需要

建築着工統計調査報告より、平成 27 年度に着工した非木造・建築物の延床面積は、75,465 千 m² となっている。また、サウスイッドの木造化面積は約 3,000m² で木造部材の材積が 487m³ であることから、単位面積当り 0.16m³/m² の木材使用量となる。平成 27 年度非木造・建築物着工床面積の約 50%の範囲を木造化(大断面集成材)した場合の部材の材積は

$$\text{材積} = 75,465,000 \text{ m}^2 \times 50\% \times 0.16\text{m}^3/\text{m}^2 = 6,037,200\text{m}^3$$

となる。加工前の丸太体積は、材料歩留まりが 1/4 であることから、
需要増加量(丸太換算) = 6,037,200m³ × 4 = 24,148,800m³
となる。

④ 試算による木材需要増加量と森林資源成長量の比較と経済効果

③までの試算のとおり、2,415 万 m³ の木材需要を創出することとなり、これは 1 年間の森林資源成長量の約 25%となる。同様に、木材需要量の 31.8%、木材供給量の 102.1%となることから分かる。また、大断面集成材の材積単価を 300 千円/m³ とした場合、

経済効果 = 6,037,200m³ × 300,000 円/m³ = 1,811,000 百万円/年 (= 1 兆 8,110 億円/年)
を林業・林産分野の経済効果として創出されることとなる。

(2) 国土強靱化に向けた大規模建築の直交集成材 CLT 等による耐震補強と木材使用量の試算

① 試算の目的と内容

現在、大規模建築の耐震補強構法として、鉄筋コンクリート造耐震壁や鉄骨ブレースが一般的であるが、CLT 等の木質建材を使用した改修計画が可能となった。ここでは、1981 年の建築基準法改正以前の古い耐震基準で設計・施工された建築の耐震補強試算を用いて、必要となる木質建材の使用量を算出する。さらに国内で耐震性が懸念される建築の耐震補強をこれら技術で実施した際に創出される CLT 等の木材需要量について試算を行う。

② 耐震性能が不足する国内建築のボリューム

「建築物の耐震診断および耐震改修の促進を図るための基本的な方針」(以下、基本的な指針)⁶⁾では、多数の者が利用する建築物の耐震性不足を約 8 万棟(20%)と想定し、耐震化率を平成 27 年までに 90%、平成 32 年までに 95%と目標を設定している。現時点において概ね目標が達成されているとすると現在のところ残り 4 万棟(10%)の多数の者が利用する建築物の耐震性に懸念が持たれると推定される。

③ モデル建築による耐震補強試算と木材利用量の算定

“多数の者が利用する建築物”にも多くの建種・事例がみられるが、ここでは 1960 年代に建設された 4 階建・延床面積 2,050m² 程度の学校建築を対象として木質耐震補強の試算を行った。

各階・各方向の構造耐震指標 I_s 値は 0.31~1.13 であり、すべての階・方向で 0.70 以上となるように CLT の耐震壁と集成材のブレースを配置することとした。試算結果として CLT 耐震壁は 5 か所(材積 17.3m³)、集成材ブレースは 34 か所(材積 18.4m³) 必要となった。

④ すべての建築物を現行耐震基準レベルとするための必要 CLT 等のボリュームの試算

基本的な指針に示された耐震性が不足する 4 万棟の建築は、医療施設や商業施設、娯楽施設などが含まれるが、ここでは③の試算で対象とした学校建築程度の規模のものが 4 万棟存在するという仮定を導入する。

$$\text{必要となる CLT 材積} = 17.3\text{m}^3/\text{棟} \times 40,000 \text{ 棟} = 692,000\text{m}^3(\text{丸太換算 } 2,768,000\text{m}^3)$$

$$\text{必要となる集成材材積} = 18.4\text{m}^3/\text{棟} \times 40,000 \text{ 棟} = 736,000\text{m}^3(\text{丸太換算 } 2,944,000\text{m}^3)$$

耐震改修を行わず建て替えを半分と見積もっても 300 万 m³ 程度の木材需要(現在の総需要量の 4%)を創出することになる。また、CLT の国内生産能力は年間 60,000m³ 程度であることから、“多数の者が利用する建築物”の耐震補強を CLT で行うことを考えた場合、さらなる CLT 生産能力の増強が必要となる。

5. 結論と今後の課題

(1) 試算および考察の整理

- ・耐火集成材(木造部材)の開発・実用化により、これまでに 6 つの耐火木造建築を実現し、さらに現在、都内に大規模小中学校プロジェクトの工事施工が進んでいる。
- ・竣工プロジェクトのアンケートや意識調査により、「あたたかさ、やさしさ」や「日本の伝統・風土に合った」といった意見や医療施設では「緊張－不安」と「通院や治療に対するネガティブな気持ち」を減退させる効果があることが示された。
- ・国内で建設される非木造・建築の 50%の床面積相当を木造化することで、森林資源の年間成長量の 25%程度を建設市場で活用できることとなり、また、“多数の者が利用する建築物”のうち耐震性不足のものを木質建材で耐震化することで、現在の木材需要を 4%程度押し上げる効果があることが分かった。

(2) 今後の課題(コンパクトシティを支える建築分野の取り組みとして)

これまで建築物の新たな計画や耐震改修での木材利用について検討を進め、実施プロジェクトを通じてこれらを実用化してきた。日本の森林資源の循環を維持・拡大し、優良な社会資本をコンパクトシティの概念の視点に立って、建築・施設の木造化を推進するためには、次の 6 つの課題が挙げられる。

- ・地元産木材の地産地消を実現するための木材部材製造・加工工場の全国分散
- ・地元ゼネコンおよび設計事務所の大規模木造に関する設計技術のレベルアップ
- ・木材を燃えにくくする簡便・低価格技術の実用化
- ・大規模建築に適用する大断面木造部材の生産性と調達性の向上
- ・木造・木質建築にインセンティブを与える税制等の優遇制度の創設
- ・木造部材運搬時の CO2 排出を抑制するための海運・鉄道等ネットワークの構築

【参考文献】

- 1) 国土交通省:官庁施設における木造耐火建築物の整備指針, pp.2, 2013.3
- 2) 与謝野孝子ほか:設備面の環境改善が患者心理に与える影響の検討, 第 61 回日本透析医学会学術集会・総会, 2016.6.11
- 3) 国土交通省:平成 27 年度計建築着工統計調査報告, 平成 27 年度建築着工統計調査報告 建築物, pp.12, 2014.4
- 4) 農林水産省:平成 27 年度森林・林業白書, 1. 森林の現状と森林の整備・保全の基本方針, pp.40, 2016.5
- 5) 農林水産省:平成 27 年度森林・林業白書, (2)我が国の木材需給の動向, pp.124, 2016.5
- 6) 国土交通省:建築物の耐震診断および耐震改修の促進を図るための基本的な方針, 国土交通省告示第 1055 号, 平成 25 年 10 月 29 日