

# 木造・木材利用推進の流れの中で

## —CLT（直交集成板）などの課題・展開—

農学博士／東京大学名誉教授 有馬 孝禮

### 1 大きなうねりの中の木材

「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（2010年5月成立）が、2010年10月より施行されている。その中で「（目的）第1条 この法律は、木材の利用を促進することが地球温暖化の防止、循環型社会の形成、森林の有する国土の保全、水源のかん養その他の多面的機能の発揮及び山村その他の地域の経済の活性化に貢献すること等にかんがみ、公共建築物等における木材の利用を促進するため、農林水産大臣及び国土交通大臣が策定する基本方針等について定めるとともに、公共建築物の整備の用に供する木材の適切な供給の確保に関する措置を講ずること等により、木材の適切な供給及び利用の確保を通じた林業の持続的かつ健全な発展を図り、もって森林の適正な整備及び木材の自給率の向上に寄与することを目的とする。」となっている。

これより先に、住宅の長寿命化とストック流通の円滑化を目指す「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」（2008年12月成立）が、2009年6月から施行されている。その中で、「（基本方針）第4条第3項 国土交通大臣は、基本方針を定めるに当たっては、国産材（国内で生産された木材をいう。以下同じ。）の適切な利用が確保されることにより我が国における森林の適正な整備及び保全が図られ、地球温暖化の防止及び循環型社会の形成に資することにかんがみ、国産材その他の木

材を使用した長期優良住宅の普及が図られるよう配慮するものとする。」の一文がある。

この二つの法案とも全会一致であることにその重さを感じる。

マスメディアを始め一般的に用いられている「低炭素社会」という用語が、「都市の低炭素化の促進に関する法律」（「平成24年法律第84号」2012年9月5日成立）に見られる。

「（目的）第1条 この法律は、社会経済活動その他の活動に伴って発生する二酸化炭素の相当部分が都市において発生しているものであることに鑑み、都市の低炭素化の促進に関する基本的な方針の策定について定めるとともに、市町村による低炭素まちづくり計画の作成及びこれに基づく特別の措置並びに低炭素建築物の普及の促進のための措置を講ずることにより、地球温暖化対策の推進に関する法律（平成10年法律第117号）と相まって、都市の低炭素化の促進を図り、もって都市の健全な発展に寄与することを目的とする」

#### 「都市の低炭素化」の定義

都市における社会経済活動その他の活動に伴って発生する二酸化炭素の抑制並びにその吸収作用を保全し、及び強化すること（法第2条）

この「低炭素社会」という用語は、木材・木造建築に関係するものにとっていささか違和感がある。なぜならば木材・農産物などの生物資源は、太陽エネルギーによる光合成、すなわち二酸化炭

素の吸収、炭素化合物へ転換（炭素固定、炭素貯蔵）された高炭素化合物である。改めて言うまでもなく[低炭素社会]の意図するところは、「低二酸化炭素社会」「高炭素貯蔵」である。すなわち、森林における炭素固定、それを受け継ぐ木造建築などが健全な姿で維持されるならば、コンパクトな木材資源を保存する「炭素貯蔵庫」となる。そして具体的に「低炭素住宅・建築物」の認定に関わる基準に示された低炭素化に資する措置として、木造住宅・木造建築物が位置づけられている。

「木材を適切に利用する」という姿勢には、木材と木造に長年関わってきたものにとって隔世の感があるが、これらの背景には戦後先人たちが育てた森林資源が充実してきたことがある。その資源を使用することによって、森林資源が更新され、次の世代へ資源を引き継ぐことになる。すなわち消費地と生産の場である森林との関係から、都市の木造建築や木材利用を考える時期にきたと思いたいし、我が国土はそれを可能とする気候風土と資源に恵まれている。地方創生の原点がそこにある。

## 2 木造建築は「もう一つの森林」、次の世代へ「生産を生む消費」

木材は金属材料などと比較して、資材生産に要したエネルギーが桁違いに少ない、極めて優れた省エネルギー資材である。その木材にあっても、地元産材を使用するということは、運搬に要する距離が少ない分だけ省エネルギーを図れる（「ウッドマイレージ」というような言葉が使用されることがある）ことになる。巷でしばしば言われている「地産地消」はこの運搬距離の有利さと同時に地域内での資金や仕事の流れといった地域経済の活性化に寄与すること大であることを意味している。木材はその重量の約1/2を炭素が占める「高炭素貯蔵物」である。したがって、丈夫で長持ちする住宅こそ「もう一つの森林」と言える。耐用年数の増加は森林の成

長期間にゆとりを与えるし、都市の炭素貯蔵は廃棄された時も少なくとも燃料資源となり得る。

地球上の多くの資源が減り続けている中で、我が国の木材資源の蓄積量の推移を見ると人工造林木によって資源が増加している。問題はその内訳であり、人工造林の樹齢を面積分布で見ると40-50年生が多く、若い層が極端に少ない。言うまでもなく、木材が循環資源（再生可能資源）であるためには、若い層が多くあって生物体として健全であることが必要であり、森林面積に限りがある以上、伐採更新しない限り、循環資源として機能しない。このように蓄えられた財産を活かしながら、森林における木材資源としての樹齢の平準化への努力が重要視される時期に入っている。

このように、巷でよく耳にする「我が国は資源のない国」では決してない。木材や木造建築は、仕事の連携という「空間的な拡がり」と、資源更新という「時間的な拡がり」を持っている。言葉を換えれば、「異業種に見られる同世代との連携」

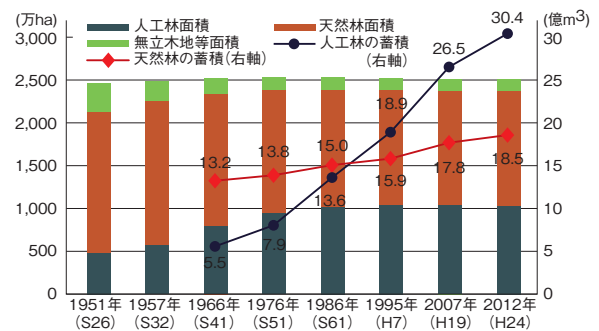


図1 我が国の森林資源の状況 人工林の蓄積量が増加

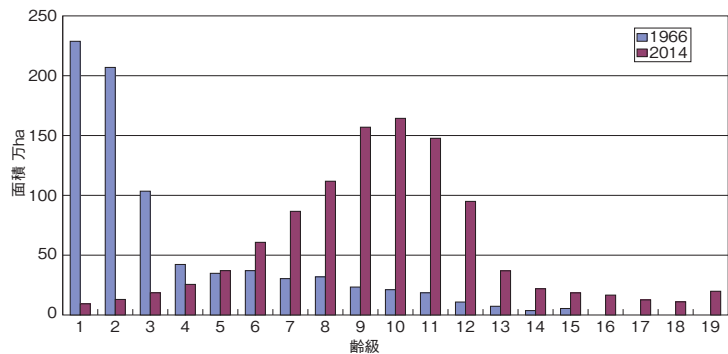


図2 我が国の人工林の林齢分布（1966年と2014年の比較）  
成熟期にあるが、次への持続性はどうか

と「世代間を超えた連携」の両面を持っている。木造建築は木材を消費して成り立つが、木材資源の生産に繋がる駆動力にもなり得る。それを支えているのは人そのものである。

### 3 CLT（直交集成板）等による国産材利用拡大への歩みと課題

最近の木材業界、県や国行政周辺の木材に関わる話題はCLT（直交集成板）、木質バイオ発電、木材海外輸出である。建築物に直接関わるものはCLTであるが、これら三つは少なからぬ影響がある。我々はしばしば「日本は資源のない国」という発言を耳にするが、木材は我が国を代表する再生可能な資源である。国土及び人々の生活に関わるものだけに、その資源の持続性に十分な配慮が必要である。

さて、CLTの建築物の出現に関しては1974年の枠組壁工法（ツーバイフォー工法）が我が国でオープン化された時の雰囲気似ている。しかしながら、その当時の黒船来襲のような雰囲気と大きく異なるのは、CLTの展開が国産材や我が国の木造建築に対する敵対関係ではないところにあるようである。一言で言えば、当時は低層の戸建木造住宅を中心とした木造需要の奪合いであった。1973年は、新設住宅着工戸数が190万戸余を記録した、我が国戦後の高度成長の一つの区切りであった。と同時に、第1次オイル危機、為替レートの変動相場制への移行など、本格的な国際化の波に入った時でもある。住宅関連では、プレハブ（オープン化以前に建設大臣認定で建設されていた枠組壁工法もプレハブと見られていたし、統計上も1987年までプレハブとして扱われていた）と熾烈な競争関係にあった在来工法木造住宅の担い手である大工・工務店にとっては、まさに枠組壁工法が黒船来襲であるかのごとき反応が多く見られた。枠組壁工法は構造・施工方法は北米の一般在来工法と言えるものであり、躯体を構成する製材品（ディメンションランバー）も輸入であったから、林業関係者、国産材製材業者から冷

ややかな対応、敵対関係があった。更に、国産材にこだわる真壁木造、在来軸組工法の大工・工務店もそれに呼応する形であった。その一方では旺盛な住宅需要の中で、規模を拡大しつつあった地域ビルダーなどでは、北米産針葉樹であるベイマツやベイツガが一般化していた。したがって木造住宅関係者の間でも、賛否そして対応も様々であった。

それに比して、今般のCLTの建築物への期待は、住宅以外用途やコンクリートや鉄鋼系との競争や共存に可能性を秘めていることと、ここ40年余にわたる木造技術と法的な変遷に裏付けられていることが大きく異なっている。

#### (1) 圧倒する木材のボリューム感

CLT（Cross Laminated Timber）は、発祥元であるヨーロッパ諸国ではXlam（クロスラム）とも言われている。直訳すれば交差積層木材とも言えるが、2013年に告示された日本農林規格では「直交集成板」となっている。比較的厚い幅広板（厚さ3cm程度）を並べるか、横はぎして面状にしてもものを直交に重ねて接着して、厚い面材（パネル状）にしたものである。日本農林規格では、厚さは36mmから500mmとなっており、パネルの幅が300mm以上、長さが900mm以上となっている。このような大きさの板は壁、床などに対する部材システムによって、様々に展開ができるようになっている。まさに木材の塊で、Timberそのものとも言える。既に我が国でも3m×12mの寸法ができる装置が稼働している。その形状からクロスラミナパネル、交差積層パネルという方が我が国の既存のイメージから馴染みやすい。ALC版、気泡コンクリートの木材版と言える。

集成材やLVL（単板積層材）は、柱や梁などの軸組材が一般的であるが、大きな断面寸法の厚い板も可能である。ヨーロッパでは、このような厚い板や軸材を組み合わせるような構造は、マッシュホルツという名称で1990年代の終わり頃から見られていた。木材は湿度変動に伴う膨張収縮が、構成する繊維方向によって差異（異方性）があ

る。集成材やLVLによる厚い板に比べ、CLTが大きく異なるのは、製材板を直交して重ね、接着しているため合板と同様に寸法変化に異方性がなく、寸法の変化量が少ないことに大きな特徴がある。このようにCLTは面材と軸材を兼ねたような特性があり、収縮を等方性に近づけた大きな厚板である。

従来の木造住宅や建築物の技術発展は構造的な合理性に基づいて資材は断面が小さく、薄くというスリムな方向に移行するのが一般的であった。それに対してCLTの最大の特徴は、圧倒するような木材としてのボリューム感にある。「CLTが過熱しすぎ」と言われるような雰囲気を生じたのは、このボリューム感にあることは否定できない。使用する木材量、新たな需要に木材関係者は期待し、構造設計や設計に関わる人は、この厚く大きな板が設計、性能、施工面から新たな工法、用途の展開に期待されるからであろう。

更に国や地方の議会や行政関係者が強い関心を持っていることである。そこには、国内の木材資源の充実や地域の活性化を背景とした、木材利用に関係する法律「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」(2009年6月施行)と「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(2010年10月施行)、更に「都市の低炭素化の促進に関する法律」(2012年9月成立)などが影響しているのでであろう。高度成長期の終焉、為替レートの変動相場制により、国際化40年余を経過した現在、失われた20年の「静の時代」から再び「動の時代」に移行しようという時期だけにCLTへの期待があるのかもしれない。

このような周辺の勢いに後押しされるようにCLTの日本農林規格は2013年の12月に公示されており、国土交通省でも建築物に関わる技術的な研究開発の成果を受けて2016年3月、4月に法的整備がなされている。民間においても公募型技術開発がなされている。しかしながらあまりにも過熱しすぎて、我が国の林業に対して救世主のごとく扱われるのはいささか疑問である。今後の林業・木材産業に関わる重要な需要開拓の部門だけ

に、一步一步の対応が必要と思われる。特に冒頭に述べた木材のバイオエネルギー利用などと並んで、木材資源の持続性、地域の活性化に関わるだけに、地域特性に応じた配慮が重要と思われる。

以下に、木材関連産業の技術展開や木材の建築物等への利用に伴う各専門分野の連携について見てみたい。

## (2) CLTの胎動

少々古い話になるが、2008年6月宮崎で第10回国際木質構造会議(WCTE2008 World Conference on Timber Engineering)が開かれ、世界38ヵ国525人(うち外国人300人)の木質構造研究者、技術者による先端研究発表、技術交換が行われた。この会議に関しては、当時マスメディアを始め、国内の木材、行政関係者の反応の鈍さに少々落胆した思いがあった。一方諸外国の人々の目に映った宮崎のスギ人工林の資源量とスギの材質に、CLTの展開を頭に描いた研究、技術者は決して少なくないことが会話の中で感じられた。そして2010年6月イタリアのトレントでWCTE2010が開催され、大会冒頭の基調講演の中でヨーロッパの動きとして紹介されたのがCLTであった。既にヨーロッパ諸国では1990年代の後半頃から様々な形で試行されていたが、レンガなどの組積造の施工体系が基本にあるので抵抗が少なかったと思われる。我が国でCLTが注目され出したのは、2007年にCLTの7階建実大建物を兵庫県三木市のE-ディフェンスで耐震実験がイタリアと共同実



写真1 CLTによる躯体



写真2 CLT建築物の振動台実験  
中層建築物や多様な用途への展開に期待がある

施されたときである。まさに木の塊である壁、床の建築物が、大規模地震に対して十分耐えられる結果が示された。

中層建築物の木造化への傾向は各国とも確実に進んでいるが、その背景にはヨーロッパ諸国の木質構造を取り巻く情勢変化がある。即ち地球温暖化対策の深化に伴う建築資材の製造、使用時に関わる省エネルギー性は木材が圧倒的に有利であること、人工造林木が再生可能資源であることへの期待である。近年、枠組壁工法が主体であるカナダやUSAでもCLTが動きつつある。地球温暖化防止対策として世界的な資源・エネルギー問題、更には国内の木材資源状況の変化が背景にあることは、関連情報や使用されている現場を見れば明らかである。そればかりでなく、建築トータルとしての経済的有利性、合理性への追求があることも明らかである。また、施工体系や防耐火体系の変化など、コンクリートと木材の組み合わせが積極的に試みられるような流れがある。

### (3) 木材なれど木材にあらず、されど木材

このような構造設計や施工体系に新たな展開が

生じられると思われるが、原材料の調達、CLTの製造方法そのものについても様々な対応が必要である。特に大量に必要となる製材板、即ちラミナに関わる周辺課題は避けて通れない。単純な技術的な課題にしても枠組壁工法の枠組材、集成材ラミナ、直交集成板の構成部材としての厚い板は、多様化する用途との組み合わせなどによっては、直接、間接に影響を受ける可能性は大きいと思われる。欧米諸国における木造建築物の構造躯体を構成する木材は製材板が中心で、寸法体系に規則性があり、汎用性が高い。それに対して国産材の構造材料としての製材や乾燥は柱、梁などが中心になっているので、製材板の生産にそれなりの整理、対応が必要である。

構成部材やラミナとしての強度、歩留まりを重視した木取りや乾燥など技術的対応に多くの課題を呈している。基本構成要素であるラミナが人工乾燥、接着、フィンガージョイントなどの組み合わせを前提にしているだけに、生産工程における幅反り（カップ）や反りに関わる歩留まり、エネルギーに関わる木質燃料など、地域に応じた対応連携も必要となる。また、CLTの製造装置の設置は、規模や形式によって対応が大きく異なるはずである。受注の要求条件などを考慮すれば、ラミナの生産、受注に対する緩衝機能としてのラミナのストックや用途に適した丸太選別、そのストックなども重要となる。特に大型の木造建築物は一般の住宅とは異なり、見込み生産で対応することは難しいからである。

木材の幅広い用途、小ロットにどのように組み合わせ、ストック方法などで対応するかが課題であることは間違いない。特に国産材を対象としたCLTの新たな木質構造への展開や用途拡大の期待は大きいものがあるが、その製造段階についても原木、製材、ラミナなどの材料供給はもとより、加工、生産に要するエネルギーや運搬、更には施工などに、広範囲の配慮、連携が最大の課題と思われる。木材、木材製品については、1964年の丸太・製材関税ゼロ以降50年余を経てきたが、国際競争下にあることは間違いないからである。

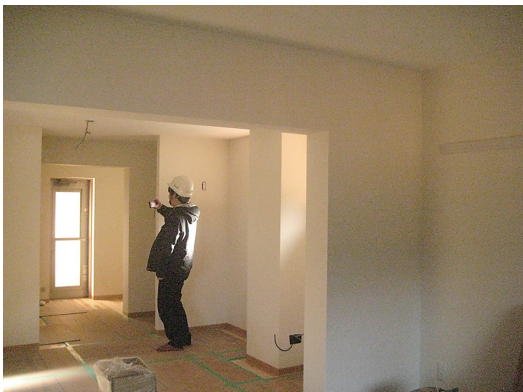


写真3 CLTの躯体の社員寮  
外観、内観は他構造と変わらないが居住環境は？

#### (4) 改めてCLTが木材である特性とは

CLT（直交集成板）は木材の塊のようなものであり、鉄筋コンクリート造やALC（気泡コンクリート版）などが主体であった建築物に利用展開されることが予想されている。特に居住環境との関係で、木材の持つ物理的な特性、熱伝導や熱容量、吸放湿性、防耐火性、耐久性がどのように関与するかである。特に防耐火性への危惧が、我が国の建築物への木材利用を制限した歴史もある。近年防耐火性能の確保が不燃性材料による木材被覆に加えて、燃え代、燃えどまりなどによる方法が見られるようになってきた。現在、木材利用が地球温暖化対策、資源の持続性はもとより、改めて直接生活者にとって「何故木材か」が問われると考えたい。例えば、木材は他の建築材料より密度が極めて低いので蓄熱量は小さい。都市のヒートアイランド現象や冷房が切れた時のオフィスなどの部屋の温度上昇といったむわっとした暑さから想像できるはずである。木造躯体とコンクリート躯体では、内部を石膏ボードで同じように

被覆した内装であったとしても、熱や水分の吸放出はかなり違うことが考えられる。即ち、木の見える構造や木材の见えない木造建築物が熱伝導、吸放湿、熱容量、夏場の蓄熱などにどのような効能があるかである。住む人の行動や冷暖房など、極めて多彩な要因と関係があるだけに、単純な結論は出しにくい。とは言え、電気量の比較や個々の世帯の電気量などの月々の変化や住まい方の変化などのできる範囲の情報は、基本中の基本である。それは省エネルギーへの関心や住まい方や生活行動への自らの問いや意識に変化をもたらす可能性、即ち大気中への二酸化炭素削減や資源の持続性といった対策の根源に関わる接点であるからである。

## 4 The Next One さてその次は

木材も住宅も「空間的な拡がり」と「時間的な拡がり」の連携が最も重視されるべきものである。50年前を振り返ったとき、当時技術者が使っていた計算尺は既になく、現在当たり前に使っている携帯やスマホは存在していなかった。木材はその時も存在したし、いまも存在している。そんな「木材」を進歩していないと見る人もいよう。しかし我々は未だに木材の持つ可能性を活かしていきたくないとも言えるのである。改めて木材という材料とその製品の存在意義の重さを認識したい。それに関わった人々の専門性を見つめ耳を傾ける謙虚さと次なる可能性への試みが必要とされよう。

#### (参考文献)

- 1) 有馬孝禮『循環型社会と木材』（単著）、全日本建築士会、2002
- 2) 有馬孝禮『木材の住科学』（単著）、東京大学出版会、2003
- 3) 有馬孝禮『なぜ、いま木の建築なのか』（単著）、学芸出版、2009
- 4) 有馬孝禮「CLT（直交集成板）は国産材利用拡大の救世主となりうるか」『森林環境2015』p120-127、森林文化協会、2015