

森と都市の共生

建築にさまざまな木を使う

東京大学生産技術研究所教授 腰原 幹雄

1. 都市木造の必要性

近年、木造建築が注目されている背景には、森林資源の有効活用が強く求められていることがある。常に森林と身近に接している地域では、木材資源が十分に利用されていないという問題が認識されており、地産地消を合言葉に建築分野でも木材を積極的に使用する取り組みがされてきた。しかし、森林資源の豊かな地域と建設需要の高い地域は相反する関係にある。森林資源の豊かな地域がいくら地産地消をうたっても建設需要が追いつくはずがない。そこで、都市の森林「都市木造」が必要となるのである。となれば、森林資源の豊かな地域は建設需要の高い地域に向けて、新たな都市木造の世界を提案していかなければならないことになる。地元でも使われないものを都市部が積極的に採用するはずがないのは当たり前である。地域に建つ木造建築でも、今後、都市木造のショールームの役割を果たしていく必要がある。森林資源の豊かな地域が、見本となるような木造を提案することによって、それが宣伝となり都市部での採用を後押しすることができるようになるのである。

森林は、木材生産だけでなく、生物多様性保全、地球環境保全、土砂災害防止／土壌保全、水源涵養、快適環境形成、保健・レクリエーション、文化機能、物質生産など多面的な機能を有している。このような機能を考えると、都市は森林から間接的にさまざまな恩恵を受けていることがわかる。しかし、身近に森林がないとこうした恩恵を受けていることを忘れてちになってしまう。都市部に木造建築を建設することは、都市部に快適な

空間を提供するだけでなく、国内の森林資源の状況にも関心を持って森と都市の共生を考える機会ももたらすだろう。

2000年の建築基準法改正により木造建築で建設可能な用途、規模は大きく広がることとなった。適用範囲の広がりには、これまで鉄筋コンクリート造、鉄骨造の二択でしかなかった都市部の建築に新たに木造という選択肢を加えることになった。一方、3階建てを超える多層の木造建築は、1000年以上の日本の長い木造建築史の中でも、天守や近代木造など限られた分野にとどまっており、現在の生活スタイル、社会システムまで考えると多層の都市木造は未知の分野といってもよい。さらに、都市木造では、これまで木造に接してこなかった建築関係者も参入してくることになり、建築関係者と木材関係者の価値観の共有が重要である。新しい建築の可能性として、建築関係者でもまだあまり想像できない状況ではあるが、木材関係者にも、自分たちが生産、加工した木材によってどのような新しい建築が生まれる可能性をもっているのか意識を共有していくことが重要である。

例えば、建築業界で森林資源の有効活用というと、すぐに頭に浮かぶのは「間伐材」である。しかも、間伐材は細い材で使い道がないから、安く手に入るらしいという誤解も生んでいる。本来、間伐材は主伐材の育成のために伐られる材であり、必ずしも細い材や曲がった材だけでない。また、間伐材が安く入手できるとしたらそれは、「主伐材」が高く売れる前提が必要になるはずである。こうした誤解を生まないような、正しい情報の共有が必要である。

今後、建築関係者、木材関係者が協調して森と都市の共生を考えていく必要がある。

2. 多様な製材品を使う工夫

木造建築の需要拡大を進めるため、非住宅分野への期待が高まっている。学校校舎や庁舎建築などの公共建築でまず、その可能性が広められている。しかし、公共建築ではコスト削減が叫ばれており、森林資源を有効活用した木造建築だからといって建設コストが増加しても仕方がないということにはなっていない。そこで、コストの面から考え出されたのが住宅用流通



写真1 地域工務店による住宅用製材を用いた工場建築（2013年／福井県）

製材（105幅、120幅シリーズ）を用いた構造システムである。非住宅では通常の住宅より大きい荷重、スパンに対応して、小さい部材の組み合わせ方を工夫して大きい部材と同等の構造性能を発揮するトラス¹や充腹梁²などが用いられる。（一社）JBNの整備しているトラスでは、住宅用製材を用いて多雪区域でも10mスパンの工場（2013年／福井県）を実現している（写真1）。トラス梁自体を規格化しスパン表などが整備されれば、通常の製材や大断面集成材³と同じように誰でも使用することができるようになる。現在、中層大規模木造研究会設計支援情報データベースKi（<http://www.ki-ki.info>）や、（一社）中大規模木造プレカット技術協会などが整備を進めている。

確かに、住宅用製材の活用により非住宅が経済的に実現できることは木

1 複数の三角形を組み合わせた骨組み構造のこと。結合部である「節点」をボルトやピンなどでつなぐ。建築物のほか、橋などでも使われる。

2 単体の太い材を使うのではなく、複数の角材などで作る組立梁の一種。この場合は、角材で作ったはしごの両面に合板などを張って組み立てていくようなもの。

3 集成材とは、断面寸法の小さい複数の板を接着剤で貼り合わせて作る木質材料のことで、特に断面の大きなものを大断面集成材と呼ぶ。強度や耐水性などの品質を管理した上で構造用にも使われ、木造の体育館や巨大ドームの建築が可能になった。



写真2 エコサイトハウス (2013年/東京) (撮影: 浅川敏)

造建築の実現領域を広げることには大きな力となる。しかし、その一方で建物規模が大きくなっても中断面 (105、120mm) の部材しか使用しないということは、高齢級材、主伐材の出番を減らすことにもつながってしまうことになる。

かつて、大径木は社寺建築だけでなく住宅の大黒柱や牛梁などに太いまま利用されてきたが、住宅用製材の普及により大断面部材の需要が小さくなってしまった。戦後の造林期に植えられた木が成熟してきた現在、大規模木造で大断面製材の出番をつくることも必要になってくるはずである。

住宅用製材より太い材の活用とともに、それより細い材の活用も必要である。通常 105mm 角に製材できれば木造住宅の柱として使用することができる。それより細い材になると、住宅であれば、根太や垂木、間柱といった下地材や家具として利用されていることが多い。しかし、きちんと構造計画を立てれば小規模な建築でも活用可能である。工事現場でよく見られるプレファブの現場小屋の代わりとして**エコサイトハウス (2013年/東京)** が 75mm 角とその半割 (37.5 × 75mm) の材の組み合わせで実現している(写真2)。短い材であれば、ブロック状にして木質組積造として使用すること

もできる。くうかん実験棟（2008年／東京）では、小さい木ブロックを使うだけではなく、ブロックを隙間をあけながら積むことで一般的な組積造と異なる雰囲気醸し出している。

ただ、昔と同じように製材を使っていけばよいというわけではない。都市木造では、鉄筋コンクリート造や鉄骨造がライバルであり、新参者の木造としてはこれまでの都市建築の性能に対する考え方を共有していかなければならない。木造だから特別に許されるということはないのである。ひとつの大きな問題は構造性能である。都市木造では、戸建て住宅用に整備された壁量計算ではなく、構造計算が必要とされる。構造計算をするためには、使用する構造材料の特性（比重、ヤング係数⁴、材料強度）が明確になっていないと構造解析、部材検定ができなくなってしまう。こうした情報を管理した材がJAS構造用製材や構造用集成材、構造用LVL⁵（単板積層材）などのエンジニアード・ウッドである。残念ながら現在では、昔に比べ木の材料特性を見抜く目を持っている設計者、施工者は少なくなってしまった。しかし、機械の目を使用することで、鉄筋コンクリート造や鉄骨造と同じように構造解析や構造計算を行うことができ、都市木造という木造建築の新たな可能性を切り拓くことができるようになるのである。そのためには、まずは大規模木造の需要を満たす分だけでもよいのでJAS構造用製材の供給を整備していかなければならない。

これまで、各地域の材料特性が明らかにされてこなかった原因のひとつに、ヤング係数や材料強度といった材料特性を明らかにすることにより、地域ごとに比較され性能の低い材が使われなくなることを心配する木材関係者の声があったように思える。しかし、これは大きな間違いである。建築構造設計者にとって、良い木とは第一に性能がわかっている木であり、性能のわかっていない木が悪い木であるのである。性能値は、構造設計者の工夫でどうとでもなる。細い材やヤング係数の低い材を使って大きいスパンを架け渡すことは、構造設計者にとっては腕の見せどころである。材料特性を隠さずに、材料供給者、構造設計者、建築設計者で頭を使っ

4 材料の変形しにくさを表す係数。数値が大きいほど強度があり、たわみにくいことを示す。

5 LVLとはLaminated Veneer Lumberの略称。薄く削った単板（ベニア）を、繊維方向が平行になるように積層、接着して作る。



写真3 夢見橋（2007年／宮崎県）。地元大工と構造設計者の共同作業で生まれた

まく使うことが重要である。宮崎県日南市の油津運河にかかる**夢見橋**（2007年／宮崎県）では、ヤング係数 $E=40\text{kg}/\text{cm}^2$ を下回るような材を使いながら通常より大きな断面を用いることで、他とは違う魅力的な橋を実現している（写真3）。

戦後に植林したスギが生長し木造建築へ使用しやすい大きさに成長したこともあり、木造建築ではスギの話題一色になっている感があるが、これまで重宝されてきたヒノキ、ケヤキはもちろん、さまざまな樹種が生長してきており、これらも有効に活用していく必要がある。

北海道の下川町では、トドマツの乾燥技術の研究を進め、構造材への使用を試みた**トドマツオフィス**（2015年／北海道）を建築した（写真4）。トドマツは北海道の森林を代表する樹種のひとつで、植林から60年近く経ち、生産量のピークを迎えようとしている。これまで、パルプとして利用してきたが、それだけではなく、長年育ててきた木をできるだけ良い形で、つまり、建築材料として長く使えるようになることは、森林資源の持続的活用にとって大きな意味を持つはずである。新しい技術を、建築物として



写真4 下川町のトドマツオフィス（2015年／北海道）

見える形で表現する。こうした取り組みの積み重ねが都市木造の普及につながっていくはずである。

3. 資源の有効活用に重要な再構成材

一方、集成材、LVL、CLT⁶（直交集成板）、合板などの再構成材は、天然材料である木材を使用しておきながら接着剤を使うことへの抵抗から、好まれない場合が少なくない。しかし、再構成材を使用することは森林資源の有効活用のためには非常に重要である。森林には、必ずしもまっすぐな材が育つとは限らない。住宅用製材の場合には、3m（管柱）、4m（梁）、6m（通し柱）の定尺が目安になり、この長さが真っすぐであるか、曲がっているかで価格が大きく変わってしまう。原木市場では、A材（直材）、B材（小曲材）、C材（その他）として扱われるため、A材にならないものは

6 CLTとはCross Laminated Timberの略称。ひき板（ラミナ）を並べた後、繊維方向が直交するように積層、接着して作る。



写真5 みやむら動物病院（2015年／東京都）

伐採を躊躇してしまう。しかし、ただでさえ作業環境の良くない森林で、迷いながら選別をするよりは、どんな材でも伐り出してその使い道をさまざまに考える方が効率的である。いったん森林から丸太を出し、その中でA材であれば直材の製材として、B材であれば挽板や単板に加工して再構成材にすればよいのである。製材と再構成材は棲み分けながら共存して初めて森林資源の有効活用につながるのである。

樹木から生産される木材は当然、線材となるので、まず柱・梁を用いた軸組工法が普及してきた。大規模木造建築でも**東部地域振興ふれあい拠点施設ふれあいキューブ（2011年／埼玉県）**のように部材は大きくなってもその工法は変化しない。しかし、建築を構成する空間は、壁、床といった面材で構成されている部位も多い。そこで、近年、CLTの登場もあって木質系厚板の面材を用いた建築が生まれてきた。これまでも木質パネル工法として合板を用いた壁式工法が用いられてきたが、ここで用いられるのは、厚さ10cm以上の厚板である。素材は、CLTだけでなく、従来の集成材やLVLでも製造可能であり、設計情報が整備中のCLTに先行して、集成材、LVLの厚板工法を用いた建築が実現している。**みやむら動物病院（2015**



写真6 高知県森林組合連合会事務所（2016年／高知県）

年／東京都）では、厚板のLVLを表現する外壁と待合空間がこれまでにない木造建築を表現しており、都市木造の街並みの例としても提案されている（写真5）。

集成材、LVLなどに続く再構成材としてCLTが登場したのを契機として、新たな木質系面材を用いた工法の開発にも期待がかかっている。おおとよ製材社員寮（2014年／高知県）のように普及型の壁式構造のCLT建築の技術整備と並行して、長谷萬館林工場（2014年／群馬県）や高知県森林組合連合会事務所（2016年／高知県）で軸組工法との混構造などCLTのさらなる可能性を模索する提案がなされている（写真6）。森林資源の活用から見ればCLTも特別扱いではなく、選択肢のひとつとして考えていく必要がある。

4. 都市木造の普及に向けて

都市木造においては、高い耐火性能を有した耐火木造の技術が必要とされる。これまで木造住宅分野では、個々の企業ごとに独特の技術を研究開



写真7 愛知トヨタ高辻ショールーム（2015年／愛知県）

発しその個性を活かして活動してきた。しかし、これは木造住宅の技術が成熟し市場が確立され、さまざまな評価法などの仕組みが整備されているからできる発展である。非住宅の大規模木造建築では、まだまだ基礎技術の整備が始められた状況である。都市木造に不可欠な耐火木造分野を見れば、せっこうボードによる一般被覆型部材はツーバイフォー仕様、木住協仕様から告示仕様まで徐々に整備されつつある。また、鋼材内蔵型も少しずつではあるが、日本集成材工業協同組合を中心に技術開発、整備が行われているほか、全国LVL協会や秋田県立大学を中心としたグループが汎用性の高い木質系耐火部材の開発を行っている。また、燃えどまり型部材としては、燃エンウッド（竹中工務店）、FRウッド（鹿島建設）などが登場し愛知トヨタ高辻ショールーム（2015年／愛知県）など街中にシンボリックな木造建築を実現可能としている（写真7）。しかし、こうした技術は、まだまだ一般的に普及しておらず、その開発者のみが用いる状況で、活用範囲はまだ限定されてしまっている。また、都市部の大規模建築は、これまで組織設計事務所が多くの設計を手掛けてきた。しかし、こうした設計事務所に構法開発の体制があるわけではなく、どうしても既存の技術の活用、改良をせざるを得ない。都市木造に必要な耐火部材の技術も同様である。都市木造の普及のためには、大規模建築のノウハウを持った設計者にさまざまなところから技術提供をしていかなければならない。業界を挙げて、基礎技術の共有体制をつくりながら新しい技術の普及をはかる必要がある。

現在、都市木造の普及の一番の障壁はコストである。まったく新しい建

築のためいきなりコストが大幅に低下することは考えにくいですが、それでも物件数が増えればコスト低下は間違いない。現在、同じ木材を使用している、戸建て木造住宅は日本で最も建設コストの低い建築であり、耐火木造は最も建設コストの高い建築になっている。しかし、考え方を換えれば戸建て木造住宅というコスト削減を実現した前例があるのであれば、そこに活路が見出せるはずである。その一つが、部材の標準化である。これまで大規模木造建築は数が少なく、個別の一品生産にその価値を見出してきた。そのため、なかなか経済性を向上させることができなかった。しかし、都市木造では多層化されることになり、ある程度は繰り返しの建築となる。であれば、住宅用製材と同様に大規模木造用部材断面の規格化をすることができるはずである。もちろん、すべて規格化するのではなく、特殊な断面部材は付加価値をつけてむしろ高い商品として併用していけばよい。部材の規格化は、生産コストの削減だけでなく、構造設計者への負担低減にもつながる。部材断面が標準化すれば、接合部の仕様を標準化することが可能となり、個々の接合部の設計の労力、検証実験の労力を大幅に低減させることができ、同じ設計期間でも、魅力ある建築設計のための時間を確保することができるようになるはずである。こうした標準化の活動も徐々にではあるが、前述の中層大規模木造研究会設計支援情報データベース Kiにおいて整備されつつある。こうした作業には多くの構造設計者、研究者の協力が必要であり、協力者を常に募集している。また、こうした規格化も設計者だけではなく部材製造者への普及が重要である。一般的に流通させる大規模木造用部材と、木造建築の魅力を増やす特殊断面部材、このふたつの部材が普及して初めて大規模木造建築の市場が構成されると思われる。

5. 都市で森を考える

森林資源の有効活用として木造建築が注目されているとしてもそれだけでは普及しない。せっかく建てるのであれば魅力ある建築にしなければならない。本来は、「魅力ある木造建築物を建てたら実は日本の森林資源のためになっていた」というのが理想である。そんな世界になるためにも、決



写真 8 矢吹町の木造による街づくり（2016年／福島県）

してすべての建築を木造にするということではなく、こんな建築が木造だったらいいのという夢を一步ずつ実現することが重要である。福島県西白河郡矢吹町では、震災復興をきっかけに伝統的な木造建築の魅力だけではない新しい木造建築の街並みの提案がされ、実現し始めている（写真 8）。

今後、都市木造が登場することで「なんでこんなところに木造建築があるの？」といった素朴な疑問から、日本の森林資源の状況を考えるきっかけになるとともに、森林資源の有効活用が進むことを期待している。



腰原 幹雄（こしはら・みきお）

東京大学生産技術研究所教授。東京大学大学院工学系研究科建築学専攻博士課程修了。博士(工学)。専門は、木質構造学。木、竹、石、土などの自然材料を建築構造の視点から研究。共著に『都市木造のヴィジョンと技術』など。1968年生まれ。