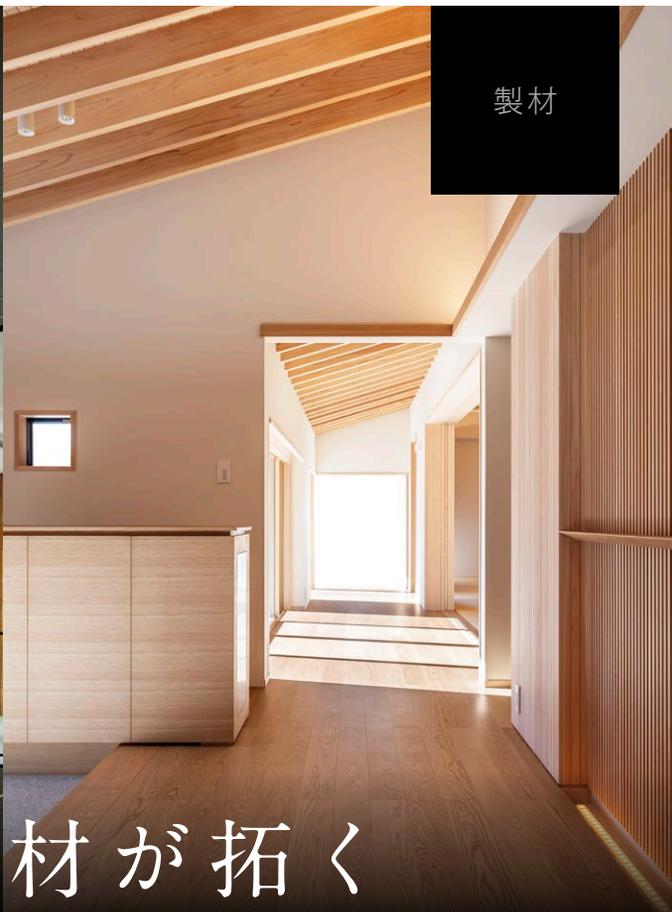


集成材



製材



JAS 構造材が拓く ニッポンの木造



LVL



CLT

CONTENTS

対談

- 木造建築における JAS 製材のすすめ** 2
【建築知識2018年7月号】 稲山正弘×齋藤健一
- JAS 製材が拓くニッポンの木造** 4
【建築知識2019年2月号】 古川泰司×山田憲明
- “都市木造”と CLT でつくる街並み** 6
【建築知識2019年10月号】 藤原幹雄×安井昇
- 木造軸組+CLT から生まれる “物語”。** 8
【建築知識2021年6月号】 成瀬友梨+猪熊純
- 木造化を支えるプレカットの真価** 10
【建築知識2021年9月号】 篠原雄一郎×山田憲明

インタビュー

- 木造から “木の建築” の時代へ。** 12
【建築知識2021年10月号】 深尾精一
- JAS 製材が拓くニッポンの木造** 14
【建築知識2019年7月号】 安井昇
- JAS 製材が拓くニッポンの木造** 16
【建築知識2020年1月号】 瀬野和広
- JAS 構造材でつくる
木のホテルは、ボクらの道標。** 18
【建築知識2020年4月号】 佐々木達郎
- 木造でつながる社会、広がる世界** 20
【建築知識2021年2月号】 関本竜太

技術解説

- 国産のスギで大空間をつくる方法** 22
【建築知識2019年11月号】 山田憲明
- 木造の多様な空間における梁の構造設計** 24
【建築知識2021年11月号】 大野博史
- 木造防耐火の法改正と最新技術** 26
【建築知識2021年11月号】 安井昇
- LVL の確かな潜在力** 28
【建築知識2021年12月号】 キーテック/全国LVL協会

実例

- JAS 製材で木の大きな空間を作る方法** 30
【建築知識2018年11月号】 山田憲明
- 小さな JAS 製材と軽やかな小屋組** 32
【建築知識2019年8月号】 山田憲明
- CLT でつくる近未来の木造** 34
【建築知識2020年7月号】 横島康+佐藤孝浩
- 木造準耐火のディティールと施工** 36
【建築知識2021年3月号】 桜設計集団+鯨組
- “流通製材”+ 鉄骨でつくる
木造軸組の大空間** 38
【建築知識2021年7月号】 古谷デザイン建築設計事務所

工場・建物探訪

- 古川泰司、JAS 製材工場を訪ねる。** 40
【建築知識2021年8月号】 古川泰司×山長商店
- JAS 製材工場探訪。** 42
【建築知識2019年4月号】 協和木材 工場
- JAS 構造材工場探訪。** 44
【建築知識2019年6月号】 サイプレス・スナダヤ
- JAS 構造材工場探訪。** 46
【建築知識2019年9月号】 さつまファインウッド
- JAS 構造材建物探訪。** 48
【建築知識2019年12月号】 荒川木材店道作工場事務所
- JAS 構造材建物探訪。** 50
【建築知識2020年2月号】 まなびあん

デザイン・DTP 坂内正景

無断転載の禁止：本書の内容（本文、写真、図表、イラスト等）を、全国木材組合連合会および著作権者の承諾なしに無断で転載（翻訳、複写、データベースへの入力、インターネットでの掲載等）することを禁じます。

はじめに

SDG'sが経済、社会の大きな共通目標になるなか、再生可能な循環型資源である木材の利用が注目され、東京オリンピック・パラリンピック関連施設等で木材利用が進み、都市部では10階を超えるような木造のビルが複数竣工されるなど木造中高層ビルへの木材・国産材利用の動きが目に見える形で展開し始めています。

また、2020年10月には、「脱炭素社会の実現に資するための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が施行され、政府一丸となった木材利用促進本部の設置や業界団体・民間企業が参画したウッド・チェンジ協議会が立ち上がるなど、木材利用の機運が一層高まっています。

こうした中で、全国木材組合連合会では、都市での木材利用を促進するためには、性能・品質の明確な JAS 構造材等木質建築資材の消費拡大が重要であることから、建築関連の専門誌である「建築知識」とタイアップして、JAS 構造材の活用事例などを連載してきました。

この度、これまで連載してきた記事を「JAS 構造材が拓くニッポンの木造」として「対談」、「インタビュー」、「技術解説」、「実例」、「工場・建物探訪」として再編集し、木造建築に取り組まれる方々の参考書となるようとりまとめました。

本誌作成にご協力いただいた方々に感謝申し上げますとともに、本誌を木造建築に対する JAS 構造材の活用に向け、広く活用していただければ幸いです。

一般社団法人 全国木材組合連合会



木造建築における JAS 製材のすすめ



稲山正弘

東京大学大学院農学生命科学研究科教授

齋藤健一

林野庁 林政部 木材産業課 木材製品技術室長

公共建築物の木造化が進んでいるものの、JAS製材の普及率は低い。今回は、木質構造設計の第一人者である稲山正弘氏と、林野庁で木材製品の消費拡大対策を担当する齋藤健一氏に、JAS製材の普及状況と需要拡大に向けた対策について聞いた。

(企画協力=全国木材組合連合会 写真=渡辺慎一)

JAS製材を使うべき理由

稲山正弘(以下、稲山)「木造在来軸組構法の柱材・梁材として利用される無垢材は、JAS製材と無等級材に大別されますが、現在、世の中で広く使用されているのは無等級材です【※1】。その大きな要因の1つは、無垢材が使用される建物用途の多くが木造住宅だからです。木造住宅の多くは確認申請時に構造計算書を添付する必要がない4号建築物に該当するので、壁量計算といった仕様規定に従う場合は、柱材や梁材にJAS製材を使用することは義務付けられていません【※2】。

一方、JAS製材を製造できる認証工場の数が少ないという問題も指摘されるべきでしょう。近年では、非住宅分野でも木造建築物が増えており、意匠設計者からは、建物が計画される地域で生産された無垢材を使用したいという要望をよく聞きます。4号建築物に該当しないケースが多い非住宅の木造建築では、構造計算が要求されるので、JAS製材を使用したいのですが、該当地域に認証工場がない場合が少なくなく、仕方なく無等級材で構造計算を行うケースもあります【※3】。

齋藤健一(以下、齋藤)「確かに、認証工場の整備は、林野庁としても大きな課題です。しかし、最近では、製材のプレカット化がかなり進み、無等級材も、集材材のような、エンジニアードウッド」と遜色ないレベルの品質のものが安定して供給できるようになっています。たとえば、強度やたわみの性能に大きくかわる乾燥技術も大きく進歩しており、丸太から製材への加工時点での含水率が高く、従来は乾燥が難しかったスギの乾燥技術に関するノウハウも十分に蓄積されています。

JAS製材の利用が進んでいない理由の1つには、国内の森林資源が豊富ではなかったという点も挙げられます。ただし、高度経済成長長期に植林されたスギやヒノキの人工林は、樹齢が50〜60年に達しており、これらの丸太からは、無垢の柱材・梁材を木取りできます。資源が豊富な今だからこそ、認証工場の整備や利用促進に、今まで以上に積極的に取り組まなければなりません。

稲山「利用促進については、構造材を使用する立場としては、構造材を発売する設計者・施工者の意識改革も必要だと思えます。齋藤室長のご指摘どおり、近年はプレカット材が主

流。発注者が構造材の指定を事細かに行うケースは少なく、構造図を描かないケースも増えているのが実状です。JAS製材とは何たるか、を認識する必要があります。

まず、JAS製材には、目視等級区分構造用製材と機械等級区分構造用製材があります。後者は、材料のたわみにくさを示すヤング係数が明確に表示されており、無等級材を使用する場合に比べて、建物の構造性能をより明確に計算できます【※4】。一方、無等級材での構造計算は、平12建告1452号第5号に規定された基準強度が大きならばつきの下限値から安全側に設定された数値なので、その材がもつポテンシャルを生かした設計になっているとは言えません。強度は安全側なので、まだよいのですが、たわみに関しては、安心度はまったく異なります。

加えて、非住宅建築物では、建築基準法の耐火規制への対応が求められるケースが増えます。無垢材を利用する場合には、柱や梁を現しとしたデザインを求めがちですが、準耐火建築物では、一定以上の燃え代を確保する必要があります。ただし、燃え代設計が認められるのはJAS製材のみ【※5】。無等級材では、

柱・梁を現しにした燃え代設計による木造準耐火建築物を設計できません。JAS製材を使えば、デザインの選択肢が広がります。

JAS製材で最大100万円の補助

齋藤「こうしたJAS製材の特徴をよく理解してもらいつつ、需要の拡大を図る取り組みとして、林野庁では、2つの事業を開始しました。① JAS構造材活用宣言事業、② JAS構造材実証支援事業、です。①は、製材業、木材加工業など木材供給者や、建築主、設計事務所、工務店などの木材需要者に、JAS構造材活用拡大宣言」を行っていた多くの。その木材需要者をJAS構造材利用拡大事業のホームページ上で公開することで「見える化」を行い、JAS製材を積極的に利用する気運を高めていきます。

②は、①の登録事業者のうち、工務店など施工者が、非公共・非住宅の木造建築物にJAS製材を利用すれば、JAS製材を調達する費用の一部を支援するというもの。期間は2018年末までで、金額の目安は、機械等級区分構造用製材であれば、実際にかかった材料調達費、ま

たは、床面積当たり2千円/m²の費用を最大100万円まで支援させていただきます。1社当たり最大5件までしか申請ができませんが、設計事務所は工務店との協力関係にあり、かつ①の登録事業者であれば、連名で申請していただくことで、申請数を上乗せできます。建築業の皆様はこの機会にぜひJAS製材を、お試し」していただき、使い勝手のよさを感じてほしいと思います。

稲山「こうした話は、JAS製材を使うことのメリットとして理解されがちですが、設計者・施工者にはJAS製材を使わないことのデメリットとして理解してもらいたいのです。建築物の性能を可視化する機運は高まる一方で、ZEHやZEBという言葉に代表されるように、建築物の温熱環境についての意識はここ数年でかなり高まっています。ところが、建物の骨格をなす構造材については、性能の可視化が遅れています。

柱・梁に使用される木材の構造性能を明確にするのであれば、JAS製材を使うべきなのです。齋藤「先ほど申し上げたとおり、日本の森林資源は豊富です。ただし、住宅着工件数は今後減少する見込みで、十数年後には、最盛期の半分に

下となる50万戸時代を迎えることでしょう。製材の内需を拡大するには、非住宅建築物に活路を見出すしかありません。特に、3階建て以下の低層建築物は、木造住宅で培われた在来軸組構法を応用して設計することが可能で【※6】、木質空間へのニーズが強い幼稚園・保育所や高齢者福祉施設については、政策としても建築を後押しする方針です。構造に用いる製材は、木材のもつポテンシャルを十分に引き出せるとはいえない無等級材ではなく、ポテンシャルを十分に引き出せるJAS製材とするべきでしょう。設計者・施工者には、今回の事業をきっかけとして、JAS製材を積極的に採用してほしいと考えています。

Profile

稲山正弘 (いなやま・まさひろ) 1958年愛知県生まれ。'82年東京大学工学部建築学科卒業。'82年〜'86年ミサワホーム勤務。'92年東京大学大学院博士課程修了。2012年〜東京大学大学院農学生命科学研究科教授。構造設計事務所ホルツストラの主宰であり、「中大規模木造建築物の構造設計の手引き」(彰国社)など、木質構造の研究・開発および構造設計を手がけている

齋藤健一 (さいとう・けんいち) 1969年埼玉県生まれ。'93年林野庁に入庁(林産課)。2006年林野庁木材産業課木材専門官を経て、'18〜林野庁木材産業課木材製品技術室長。この間、2度、森林法改正に携わり、また、集中改革期間の国有林野の管理や、山形県、石川県の民有林行政への出向を経験するなど森林・林業・木材産業の各分野を広く担当している

※4 JAS(日本農林規格)とは「日本農林規格等に関する法律」(JAS法)に基づくもので、現行の製材に関する規格は2007年に制定されている。構造材として用いられる製材の規格には、目視等級区分構造用製材(節・丸身などの欠点を目視により等級区分を行うもの)、機械等級区分構造用製材(ヤング係数を測定して、その値により等級区分を行うもの)がある
※5 45分準耐火構造で規定される無垢材の燃えしろは45mm[平12建告1358号]。1時間準耐火構造で規定される無垢材の燃えしろは60mm[令元国交告195号]。ただし、いずれもJAS製材を使用する必要がある
※6 着工された公共建築物の床面積で算出される「木造率」は、2016年度が11.7%となり、木造化がより期待される低層(3階建て以下)は26.4%だった

※1 木材需給報告書(2015年)における製材の国内生産量は約923万m³。農林水産省業務資料によるJAS製材の格付け量は約105万m³。格付け率は約12%と推計される
※2 令46条1項の規定(仕様規定)ではなく、令46条2項の規定(性能規定)に従う場合は、昭62建告1898号に基づき、柱材・梁材はJAS製材を用いなければならない
※3 無等級材で構造計算を行う場合は、平12建告1452号第5号に規定される無等級材の基準強度[単位N/mm²]を用いて構造計算を行う

JAS製材が拓くニッポンの木造

古川泰司

アトリエフルカワ
一級建築士事務所

山田憲明

山田憲明
構造設計事務所

JAS製材、なかでも機械等級区分構造用製材は、木造建築に欠かせない木材の品質基準をもつ構造材としてもっと普及すべきもの。今回は、木造建築に精通する建築家古川泰司氏と構造家山田憲明氏が、機械等級区分構造用製材の重要性と可能性について語る。

企画協力：全国木材組合連合会 取材協力：西参道テラス 設計：石川素樹建築設計事務所 写真：水谷綾子

古川泰司（以下、古川）「長年、木造建築を設計していると不思議に感じることがあります。それは、多くの建材はJIS規格（日本工業規格）という共通基準での品質表示が当たり前、かつ設計者もそれを求めている。一方、木材に関しては、そうした共通基準の品質に関心が低い、ということ。これは、ものづくりのあるべき姿としては異常。生産者も、自分が生産した木材が一番よいと口をそろえてアピールするのですが、その根拠が示せない場合が多いので

す。木材の品質を保証する国の指標がJAS規格（日本農林規格）ですが、多くの設計者はJAS規格に関心がなく、無等級材（JAS規格以外の材）を無頓着に使用しているのが実態です。当然、ハウスメーカーやゼネコンは、品質が明らかな集成材や輸入材を標準的に採用するので、結果として国産JAS製材の流通量はまだまだ少ない、という悪循環に陥っています【※1】。

山田憲明（以下、山田）「私も、JAS製材にもっと普及してほしい

と思っています。昔は、限られたコミュニティ内の信頼関係によって木材が扱われていました。しかし、木材が不特定多数の人々に扱われるようになった現在では、共通言語をもつことが重要です。しかも、性能やトレーサビリティに対する世間からの要求は、年々厳しくなる一方です。

古川「ただし、悲しい現実ですが、JAS製材を入手するのは容易ではありません。国内製材所の工場数は現在、約4千800ですが、JAS製材を生産できるのは約600。構造用のJAS製材は目視等級区分構造用製材と機械等級区分構造用製材【※2】に大別されますが、部材のたわみにくさを示すヤング係数（E）や、製品の形状安定性を推し量る含水率が明確に表示される機械等級区分構造用製材を生産できる製材所は約70にとどまっています。

山田「木材は生物材料であり、性能にバラつきが多いものです。スギのヤング係数はE70程度から、E50を下回るものやE90を超えるものまであります。無等級材では、こうした性能のバラつきが表示されません。機械等級区分構造用製材であれば、大きな荷重がかかる部材にはE90やE70のもの、荷重があまりかからな

い部材にはE50のもの、と使い分けできます。私が構造設計した事例としては、「大分県立武道スポーツセンター（仮）」（設計：石本建築事務所）があります。木材供給者や研究者らと対話を重ね、ヤング係数と含水率の組み合わせで4種類に区分した木材を適材適所に使っています。

構造設計の信頼性という意味でも、機械等級区分構造用製材には大きなメリットがあります。ヤング係数と基準強度が保証されているのは、構造設計者としてはとても安心です。建築基準法では無等級材の基準強度が示されていますが、これに準拠して構造計算を行う場合も、自主的に木材のヤング係数を測るなど、何らかのグレーディングが肝要だと考えています。加えて、JAS製材であれば、無垢材の柱・梁を現しにした木造準耐火建築物の設計が可能になります【※3】。

古川「この利点を生かしたのが、燃えしる設計で柱・梁を現しとした、木造45分準耐火建築物「わらしべの里共同保育所」埼玉県です。埼玉県内の製材所を窓口としてJAS製材を調達。埼玉県産材利用率84%を達成しています。全数機械グレーディングを行う同製材所は、ヤング

係数の出現割合のバックデータを持つているので、調達はスムーズに進みました。ただし、同製材所から調達できるのは正角材のみ。平角材と長尺材については他県の製材所に依頼しました。

この事例から学べることは、1つの製材所ですべてのJAS製材を調達できるわけではないということ。設計者が主体的に製材所のネットワークにかかわる必要があります。もしくは、専門の木材コーディネーターを立てて生産地とのつながりをもつことが肝要です。

山田「構造設計者の立場でいえば、木造の構造設計ができる人材育成も大きな課題です。RC造やS造と比べて、樹種だけでなく木質材料や接合方法も多岐にわたり、木造に熟知した人材が不足しています。一方、機械等級区分構造用製材がもっと流通すれば、構造設計者が製材を使っただけでもっと取り組みやすい環境が整うのではないのでしょうか。

古川「幸いにも、国は建築物の木造化・木質化を推進しています。2019年は大きなターニングポイント。6月に施行予定の改正建築基準法で木造準耐火建築物の可能性が一気に広がるからです。設計者は、今ま

以上で木材およびJAS製材に関心を抱き、JAS製材の需要を喚起すべきだと思います。その声が大きくなれば、JAS認証工場も増加するでしょう。

山田「スギやヒノキの人工林が高齢化【※4】するなか、大径材が売れず、細かくカットされて安価に取引されているという現実があります。大きい木をそのまま大きく製材して使う、というのが構造設計として合理的です。柱材であれば180mm角や240mm角。これらが機械等級区分構造用製材として広く流通すると、荷重やスパンの大きい非住宅建築にも製材を使いやすくなります。さらに、大断面のJAS製材は燃えしる設計に対応しやすいので、都市部でも軸組を現しとした木造建築が増えるでしょう。こうした木造建築こそが、生産地や小規模な製材所・設計事務所・工務店の生業を支えるのです。

加えて、最近では、高度にシステム化された日本の木造文化（軸組構法）に関する海外からの評価が非常に高まっています。輸出も視野に入れた国産材の利用拡大を考えるうえでは、品質・性能の確かな機械等級区分構造用製材の重要性が高まるとも考えています。

木材供給報告書（2016年）における製材の国内生産量は約929万m³。農林水産省業務資料によるJAS製材の格付け量は約105万m³。格付け率は約12%と推計される。

※2 構造材として用いられるJAS製材の規格には、目視等級区分構造用製材（節・丸身などの欠点を目視により等級区分を行うもの）、機械等級区分構造用製材（ヤング係数を計測して、その値により等級区分を行うもの）がある
※3 JAS製材であれば準耐火構造における燃えしる設計が可能。45分準耐火構造で規定される無垢材の燃えしるは45mm〔平12建告1358号〕、1時間準耐火構造で規定される無垢材の燃え代は60mm〔令元国交告195号〕
※4 齢級とは、林齢を5年の幅で区分した単位。苗木を植栽した年を1年生として、1～5年生を「1齢級」と数える。現在では人工林の約5割が10齢級以上に達している

「都市木造」と CLT でつくる 街並み

腰原幹雄（以下、腰原）—Timberize は2000年の建築基準法改正を受けて発足した研究会です。都市部における中高層木造建築、いわゆる「都市木造」を実現するための技術開発、研究などを行っています。実用可能な技術がある程度出そろった11年にNPO法人化。注目を集めた「下馬の集合住宅」(13年)※1を世に送り出すなど、「都市木造」の旗振り役として一定の役目を果たしてきました。

安井昇（以下、安井）—実際、われわれの活動に呼応するように、「都市木造」は少しずつ増えています。ある集材工場の話によると、以前は補助金頼みの公共事業向けの生産・出荷がほとんどで、繁忙期と閑散期がはっきりしていたようですが、現在では民間事業向けも増加。大断面の構造材を安定的に生産・出荷できる状況にあるとのこと。

腰原—ただし、「都市木造」がより大きなムーブメントになるためには、まだ高いハードルが存在しています。それは、設計・施工・積算・工程管理などを含めたプロセスの汎用化と、それに対応できる人材育成です。高度にシステム化され、量産されてきた木造住宅とは異なり、「都市木造」は歴史も浅く、多くのプロジェクトは試行錯誤を重ねながら進んでいるのが実状。こうした状況を変えるには、実際の現場で生じた問題を丁寧に洗い出して、将来の課題解決につなげていく、という地道な作業が必要不可欠です。

こうした取り組みに積極的なのが、Timberize が18年に連携協定を結んだ高知県※2。県が主体となり、個々のプロジェクトにおいて、トリアンドエラーで得られた実用的な知見を集約して情報を公開し、多くの人々が共有できるような仕組みづくりを行っています。

安井—高知県は進んでいますよね。CLTによる45分イ準耐火建築物「ST柳町I」※3(17年)など、「都市木造」が着実に増えています。「都市木造」の設計・施工に関して解説する設計図面集の編纂も進める予定と聞いていますし、こうした資料がデータベースとして有効活用されれば、より多くの人々が「都市木造」に新規参入しようとするのではないのでしょうか。

見方を換えれば、「都市木造」が増えるには、積極的な情報提供が必要だということ。私は「木造防耐火」の専門家として、講演活動や書

腰原幹雄

東京大学生産技術研究所 教授

安井昇

桜設計集団 一級建築士事務所



team Timberize (以下、Timberize) の理事長 腰原幹雄氏、副理事長 安井昇氏が、「都市木造」の現在地と今後、およびCLT (Cross Laminated Timber) の可能性について語る。

対談が行われたのは国分寺市（東京都）にあるスタジオ・クハラ・ヤギ + Timberize設計による「国分寺フレーパーライフ本社ビル」。国内初の7階建て木質ハイブリッドビルであり、1~4階までが鉄骨造（耐火被覆）による2時間耐火構造、4~7階までがH形鋼を内蔵したカラマツ集成材（鉄骨内蔵型）による1時間耐火構造になっている。アロマオイルを販売する会社のブランドイメージを高めるため、構造・内外装が木質化されている。床材には地元・多摩産材のスギをフローリングとして使用

※1 KUS 一級建築士事務所 + Timberize設計による5階建て共同住宅・店舗。2階~5階に耐火被覆型による木造1時間耐火建築物を実現

(企画協力=全国木材組合連合会 取材協力=国分寺フレーパーライフ本社ビル/設計:スタジオ・クハラ・ヤギ + Timberize 写真=平林克己)

誌の編集・制作を精力的に行っているのですが、設計者・施工者からの問い合わせに応じて感じるのは、最新技術や法改正の動向について、十分に周知されていないのではないかと、という疑念です。最新情報をキャッチアップしさえすれば木造で計画できるのに、RC造やS造になっていくケースは少なくありません。汎用化・人材育成と併せて、情報発信も重要な課題の1つといえます。

腰原—最新情報の1つとして注目すべきがCLTでしょう。CLTを万能な夢の材料として語る人もいますが、私としては製材（JAS機械等級区分構造用製材）や集成材、LVL、合板など、ほかの木質材料と同様に適材適所に使い分けていくべき材料だと位置づけています。CLTを上手に使いこなすためには、CLTの材料特性について正しく理解する必要がありますでしょう。

安井—私が編集にかかわった「CLT建築物の設計ガイドブック」(愛媛県CLT普及協議会)※4では、CLTの材料特性を、①最大で幅3m×長さ12mの大判パネルが製作可能であること、②ラミナ(挽き板)が直交して重なるため、ほかの木質材料では難しい2方向への跳ね出し

が容易であること、③パネルの厚さを利用して○や□などにくり抜けること、と定義づけています。厚みも十分あるので、木造建築の耐力要素として、「燃えしろ設計」の考え方に基けば、耐火性能に優れた材料として有用です。

腰原—工法的な観点で補足すれば、繰り返し使うことに適した材料、パネル工法に適した材料だといえます。コンビニエンスストアや集合住宅など、比較的単純なプラン、または類似したプランが連続する建築では、施工期間の短縮を期待することができます。

こうした材料の特性を踏まえて、Timberizeでは19年5月、CLTのバス需要拡大を促すべく、CLTのバス停・バス待合所の設置推進に関する法令整理、および構法パターンの整理、デザイン案を含む提案書を作成し、日本CLT協会を通じて国土交通省に提案しました。CLTの壁柱からCLTの屋根を大きく跳ね出したものなど、4タイプのバス停・バス待合所を提案しています。

安井—バス停は大量生産が可能なので、CLTの用途として非常に適していると考えています。CLTのバス停が点在すれば、何かと無機質な

街並みに潤いが生まれると想像できますし、CLTの量産効果が期待できるため、他用途での活用にも道が拓けると思っています。

腰原—私の目標は、「都市木造」の街並みをつくること。「国分寺フレーパーライフ本社ビル」(17年)のまわりを見渡しても、現状では、RC造やS造が幅を利かせた街並みのなかに、申し訳なさそうに木造が肩身を狭くして存在しているのが実態。すべてを木造に置き換えるのは現実的ではありませんが、木造の建物が適度に点在すると、街の印象はガラッと変わるに違いありません。そのためにも、地道な作業かもしれません。汎用的なシステムの構築と人材育成が大切なのです。

安井—「都市木造」という概念はTimberizeが、表参道を木造の街並みで描いたCGを用いて10年ほど前に世の中に問いかけたもの。時間はかかりましたが、最近、ようやくその気運が高まってきたと感じています。木質材料の技術開発や建築基準法などの法整備は日進月歩。現状でも高さであれば約30mくらいまでの建物を木造で建てるというのは現実的になってきました。「都市木造」はもはや夢物語ではないのです。

※2 Timberizeは2018年12月、林業、木材産業、木造建築の各分野で基礎から専門的な技術までが学べる高知県立林業大学校を運営する高知県と、国産木材の需要拡大に向けた連携協定を締結した
 ※3 高知の建築設計群 無垢の設計による3階建て飲食店・事務所。在来軸組構法とCLTパネル工法を組み合わせた建物で、耐力壁に厚さ150mmのスギCLT(燃えしろ45mm)を使用しつつ、室内側を現しとした
 ※4 2019年3月に発行したCLT建築のための設計ガイドブック。日本全国に建築された実例や工場(サイプレス・スナダヤ)などの写真・実施図面などを交えながら、CLTの使い方について解説している。発行元の愛媛県CLT普及協議会HPから無料でPDFをダウンロード可能

木造軸組+CLTから生まれる「物語」。

成瀬友梨+猪熊純/成瀬・猪熊建築設計事務所

写真=ToLoLo studio

軸組ならではの制約を生かす

成瀬「S造やRC造にはない、木造の原理的な魅力を一言で表現すると、『多様性』という点が挙げられます。樹種の違いに加え、産地、節の有無などによって建築の見え方が変わってくる、というのは木造にしかありません。さらに、現場での細かい調整が利きやすいというのも木造のよいところ。大工さんが残した手仕事の跡を、建築の表現として生かしやすいのも、木造ならではのよさだと

考えています。

猪熊「構法的な観点からいうと、構造上の制約がS造やRC造に比べて大きい、という特徴に意味がありますが、考えています。逆転の発想ですが、私たちは、『ヒューマンスケール』として積極的にとらえていて、2人で事務所を立ち上げた当初から、構造上の制約を生かすデザインを志向しています。在来軸組構法で計画した「LT城西」や「Sprit House」がその例。1間半(2千730mm)のスペンを基本的なルールと定め、そのなかに、

さまざまな空間を当てはめていきました。狭い専有部では柱や梁が必然的に隠れる一方、広い共用部では、柱や梁が必然的に現れ、その線形が、空間を緩やかに分けながら、アクセントとして効いてくるのです。

在来軸組構法であれば、戸建住宅を生業とする地域の小さな工務店に施工をお願いしやすい、という点も重要。その事例として、2020年3月に完成したのが「meet tree NAKATSUGAWA」。木曽ひのき【※1】の集材材【AS集材材】で組み上

げた軸組の架構の上に、同じく、木曽ひのきをラミナとするCLT(Cross Laminated Timber)を屋根材(水平構面)として組み合わせた商業建築です。

欧米のみならず、国内のCLTを用いた建築の多くは、パネル構法を用いた大規模建築が主流だと思えます。小規模かつ軸組構法との組み合わせによる実例はまだ少ないと思うのですが、大きな開口部が設けられるうえ、燃えしろを確保すれば、軸組ともにインテリアの要素とし

て取り入れられる、という点に可能性を感じています【※2】。しかも、軸組構法+CLTという手法は、4号建築物としても設計が可能。構造計算や確認申請などの点においても、色々と利点が見いだせると思います。

木造でつくる地域の「物語」

猪熊「「meet tree NAKATSUGAWA」は、私たちの事務所にとって初めてCLTを採用した建物でした。CLT(5層5プライ)のサンプルを見たときはすごくゴツゴツした印象だったのですが、建方後にCLTが屋根に載せられた姿を実際に見ると、CLTそのものの存在感や軸組とのバランスのよさに、自然と心がワークしました。柱と梁だけの架構に、CLTが載った瞬間に建築が立ち上がるのです。梁を架けなくても2方向に軒を出せ、雨仕舞いを工夫すれば軒天井もシャープに見せられるので、軸組構法の屋根材としてCLTを使用する、というのは理にかなっているといえるでしょう。

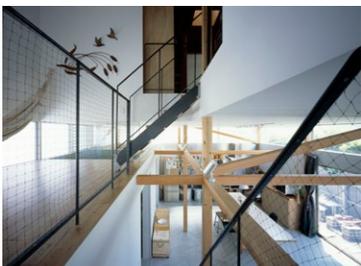
成瀬「今回の設計を通して、改めて考えたのは木造で構造材を見せることの意味。構造材が隠れている場合は、木造独特のスケール感はあるものの、インテリアは仕上げや家具でつくっていきませんが、構造材を見せる場合は、空間構成と素材感が同時に規定されるので、そこに仕上げや家具をどう組み合わせていくかという思考に変換されます。今回も、上

質な白さのなかにピンクがかつたヒノキの色を生かすため、壁や床をグレー調の色彩でまとめています。これまでの木造建築で構造材を現しにする場合、構造材を木としては意識していたのですが、今回の経験を経て、構造材の産地や樹種に対する意識がより高まり、解像度が上がってくると思います。構造材の表情が、デザインを大きく左右するのですから、社会情勢が大きく様変わりするなかで、国産材に対する注目はさらに高まると考えられます。

猪熊「非住宅の建築を木造で計画するケースは今後さらに増えるでしょう。ただし、私のスタンスとしては、さまざまな空間を当てはめていきました。狭い専有部では柱や梁が必然的に隠れる一方、広い共用部では、柱や梁が必然的に現れ、その線形が、空間を緩やかに分けながら、アクセントとして効いてくるのです。在来軸組構法であれば、戸建住宅を生業とする地域の小さな工務店に施工をお願いしやすい、という点も重要。その事例として、2020年3月に完成したのが「meet tree NAKATSUGAWA」。木曽ひのき【※1】の集材材【AS集材材】で組み上

規模の大小にかかわらず、軸組構法を大切にしていきたいと考えています。大きな空間が求められるとしても、やみくもにスペンを飛ばすのではなく、軸組のフレームをつなぎ合わせてもいい。そうすれば、建物が立地する地域で生産された構造材を使用する機会も増え、建物が地域の文化や歴史を語り始めます。地域社会に潤いをもたらすでしょう。

CLTをはじめとする木質材料に加え、接合部の加工技術や木材流通の仕組みなども、日々進化しています。もちろん、S造やRC造との組み合わせも選択肢の1つ。こうした技術の「多様性」にも目を向けて、後世に受け継がれる木造建築を設計していきたいと考えています。【談】



2,730mmのスペンを基本的なルールに空間を構成したシェアハウス「LT城西」(上)と戸建住宅「Sprit House」(下)。吹抜けやリビング・ダイニングなどの共用部では軸組が現れ、専有部では壁や天井・床のなかに軸組が隠れている【写真=西川公朗】

成瀬友梨-1979年愛知県生まれ。2004年東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士課程修了。'05-'06年成瀬友梨建築設計事務所主宰、'07年同大学院博士課程単位取得退学。'07年成瀬・猪熊建築設計事務所共同設立

猪熊純-1977年神奈川県生まれ。2004年東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士課程修了。'04-'06年に千葉学建築計画事務所勤務。'07年成瀬・猪熊建築設計事務所共同設立。'21年より芝浦工業大学准教授



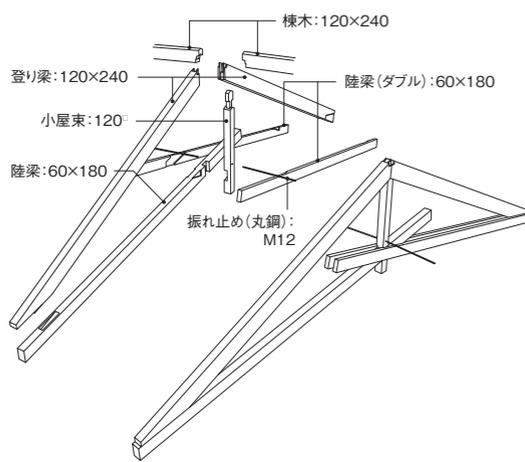
※2 木造準耐火建築物では燃えしろ設計が認められており、JAS構造材(製材・集材材・単板積層材・直交集成板)であれば、構造材を現しにすることができます。この建物は45分準耐火建築物。柱と梁はJAS集材材で35mmの燃えしろ、天井はCLT(直交集成板)で25mmの燃えしろが必要

※1 木曽松は木曽地域の樹齢250年の天然林、木曽ひのきは人工林を指す

上の台保育園 遊戯室



シザーストラス詳細図



栃木県産のJAS製材(E70)を用いたトラス梁(シザーストラス)で9.1mのスパンを実現した「上の台保育園」(設計:時設計)の遊戯室。複数の部材が集中する2つの陸梁と束は嵌合接合として、目障りな製作金物を排除。ただし、仕口の形状が複雑になるため、篠原商店の3Dプレカット加工機を用いて仕口を加工した。構造詳細図は3D-CADで作成した【32・33頁】

接合部の納まりに加え、施工手順についてもノウハウを積んでいる当社から、たとえば納まりの変更を提案するなどして、仕事の付加価値を高めるような心がけています。ただし、すべてを3Dプレカット加工機に頼っているわけではありません。たとえば加工機で仕上げたまま、どうしてもルーターの跡が残る、接合部の見栄えを損じてしまうケースがあります。その場合は、工場に常駐する大工の手加工できれいに仕上げられています。材木屋として出発した創業当時の精神、大工の技術を大切にすることの現れともいえるでしょう。

※2 枠組壁工法(2×4工法)と同様に、CLTパネル壁に鉛直荷重と水平荷重を負担させるものとして、CLTパネル工法[平28国交省611号]がある。ただし、4号建築物の対象外であり、確認申請時に構造図と構造計算書を確認申請機関に提出する必要がある。開口部の配置に制約があり、壁面いっぺいの大開口を実現できない

※3 篠原商店は全国から集められた国産材を利用した東京2020オリンピック・パラリンピックの「選手村ビレッジプラザ」(設計:日建設計)のプレカット加工を手がけている。設計データはBIMで、CAMへの変換は篠原商店が行った。大会後は解体され、使われた木材は伐採された自治体に返却されて公共施設などで再利用されることを想定し、施工から再利用までの作業がスムーズになるように配慮されている

篠原―そのためには人材の育成も不可欠です。当社では、木材や木造の知識を座学で教え込むことに加え、建方工事の現場に出かけて施工の様子を学べるようにしています。CADやCAMのオペレーターも、単に図面を引く人材ではないのです。さらに構造材の調達に関しては、国産材なら製材所に足を運び、輸入材なら海外に直接買い付けに行くようにしています。社員に知識が蓄積されるので、結果として、非住宅分野における木造プレカットの受注件数は年々順調に伸びています。

特に最近では、国産材の活用という機運が高まっており、大断面集成材を用いる案件に比べ、JAS製材を含む比較的小断面の構造材を扱う案件の割合が増え、3Dプレカット加工の比重も高まっています。山田さんが設計された「上の台保育園」もJAS製材を用いていますね。

山田―「上の台保育園」では、JAS製材のみで9.1mのスパンを飛ばすため、シザーストラスを採用しました。陸梁と束が接合する仕口の面積が大きく、しかも欠込みは鋭角になっています。3Dプレカットが必要だった

ので、御社に加工をお願いしました。さて今後に向けては、CLT(Cross Laminated Timber)の需要増が想定され、労働生産性の向上を見据えたBIM(Building Information Modeling)への対応も求められていくでしょう。篠原―はい。CLTについては幅450mm、長さ1千300mmまであれば当社で接合部の加工を行うことが可能です。すでに4〜5件の加工実績があり、相談件数も増えていきます。ただし、接合金物の調達・製作が難しい問題になっています。特に、耐力壁としてCLTを使用すると、接合金物のサイズがメートルオーダーになるケースがあり【※2】、予算や建方工事の調整に手間がかかります。BIMについては、組織設計事務所からの案件などで運用し始めている状況です。こちらも手探り状態ではありますが、徐々に態勢を整えているところ【※3】。

※2 枠組壁工法(2×4工法)と同様に、CLTパネル壁に鉛直荷重と水平荷重を負担させるものとして、CLTパネル工法[平28国交省611号]がある。ただし、4号建築物の対象外であり、確認申請時に構造図と構造計算書を確認申請機関に提出する必要がある。開口部の配置に制約があり、壁面いっぺいの大開口を実現できない

※3 篠原商店は全国から集められた国産材を利用した東京2020オリンピック・パラリンピックの「選手村ビレッジプラザ」(設計:日建設計)のプレカット加工を手がけている。設計データはBIMで、CAMへの変換は篠原商店が行った。大会後は解体され、使われた木材は伐採された自治体に返却されて公共施設などで再利用されることを想定し、施工から再利用までの作業がスムーズになるように配慮されている



木造化を支えるプレカットの真価

篠原雄一郎(篠原商店) × 山田憲明(山田憲明構造設計事務所)

JAS製材(機械等級区分構造用製材)に代表される比較的断面寸法の小さい構造材で、木材を現しにした大きな空間をつくるには、高度なプレカット技術が求められる。今回は、構道家山田憲明氏と、非住宅分野でのプレカットで数多くの実績を誇る篠原商店代表取締役社長篠原雄一郎氏に、技術の動向や課題、今後の展望について話を聞いた。

山田憲明(以下、山田)―JAS製材(流通製材)など、断面寸法が比較的小さい構造材を現しにした木造の大空間をつくる場合に、カギとなるのが接合部の納まりです。目立ちやすい接合金物はなるべく使いたくない。かといって構造材を嵌合でつなぎ合わせれば、支圧面積が大きくなるほか、形状も複雑になります。面積が大きいほど接合面の強度は得られる反面、断面欠損も大きくなるので、構造計算に基づいて詳細図を起し、その仕様を厳密に決める必要があります。加えて、通常のプレカット加工機では切削が難しくなるので、3Dプレカット加工機を持っているプレカット事業者が加工を依頼することになります。ただし、プレカット事業者にも木構造に関する相応の知識は不可欠です。

篠原雄一郎(以下、篠原)―おっしゃるとおりです。当社では非住宅分野での事業を拡大するべく、他社に先駆け約7年前に海外製の3Dプレカット加工機を導入しました。非住宅ではプレカットのみならず、建方工事も手探り状態で進めているケースが少なくないので、全国すべてで工事を請け負うことにしています。

※1 山形トラスを用いた木造校舎標準仕様(1959年策定)であり、2015年3月に改訂された「JISA3301 木造校舎の構造設計標準」は幅120mmの一般流通材を用いて最大12mのスパンを飛ばすことができる山形トラス。従来の仕様とは異なり、汎用的なプレカット加工機で加工できるのが大きな特徴の1つである

人物写真=渡辺慎一

「繁柱の家」の内観。東濃のヒノキ(4寸角)を用いた柱と梁の架構(柱に梁を直接載せる「折置組」の構造形式)であり、伏見稲荷大社の鳥居のように柱を密に立てて壁のように見立てている。柱と柱の間隔は1寸。柱の隙間と梁上に設けられた天窓からの光によって生まれる、明と暗のコントラストが「木の建築」の美しさを雄弁に物語る

木造から“木の建築”の時代へ。

—「木材活用コンクール」から見える建築の在り方—

深尾精一 / 首都大学東京(現東京都立大学)名誉教授・木材活用コンクール審査員長
写真=渡辺慎一

深尾精一
[ふかお・せいいち]

1949年生まれ。東京大学大学院博士課程修了。東京大学立大学教授を経て現在に至る。専門分野は建築構法計画(木造構法の合理化に関する研究など)。主な受賞歴は、1996年度日本建築学会作品選奨「実験集合住宅NEXT21の設計」(共働)、2001年度日本建築学会賞論文賞「寸法調整におけるグリッドの機能に関する研究」、1999年度日本建築学会作品選奨「繁柱の家」。主な著書に「建築構法」(市ヶ谷出版・共著、1981年)など

国産材の普及に向けて誕生

「木材活用コンクール」(主催・日本木材青年団体連合会)は、故小原二郎先生「※1」の発案で1997年度に始まったものです。90年代後半は戦後に植林された人工林が柱材としての伐採期を迎えていた時期でした。しかし、輸入材との価格競争にさらされたことに加え、大壁納まりが木造住宅の主流になったこともあり、

国産材が期待されるほど採用されないう実態があった。こうした状況を打開しようとしたのも目的の一つです。当初は予算が限られており、規模も小さかったのですが、行政や業界団体からの支援も年々広がり、2021年度で25回目を迎えます。近年では法整備や補助金制度の充実もあり、中・大規模木造建築の作品数が増え、レベルも年を追って上昇。もはや、単なる木材を使った建築作品で受賞することは困難です。大手ゼネコンが得意とする最先端の耐火技術を採用した作品、建築家と構造家の協業による小さな製材を駆使した作品など、木造建築の多様性も感じられるようになってきました。審査員長として応募作品に望むのは「たくさんの木材を美しく使いこ

なしてほしい」ということ。4寸の正角材を約600本使用した自邸「繁柱の家」(1996年)のように、豊かな資源を生かした、木材の生命力が伝わる作品の登場を心待ちにしています。S造やRC造と組み合わせた作品や、リノベーションの作品も歓迎しています。

木造の終焉がもたらす未来

以上のようなことを構法的な観点で俯瞰したうえで、木造の終焉という言葉は私には積極的な意味で用いています。理由は、木造という概念が20世紀のものだから。実際に、20世紀初頭に出版された『日本建築辞彙』(1906年)「※2」を読んでもみると、木造という概念が曖昧なものであったことが分かります。それ以前は木造を概念化する必要はなかったのでしょうか。

一方、20世紀に入ると都市火災に強いRC造が台頭。戦前の市街地建築物法(1919年)、戦後の建築基準法(1950年)といった法整備も進み、木造を厳密に概念化する必要に迫られたのだと思います。ただし、2000年に建築基準法が改定され、性能規定化(性能が同等であれば、素

材の種類を問わないという考え方をされて以降は、徐々にではありますが、木造とほかの構造の境界が曖昧になっていきます。実際の応募作品についても、混構造の作品がかなりの割合を占めています。

ならば、木造の概念を解体して、新しい概念を創造すべきではないでしょうか。シンプルに「木の建築」と表現してよいかもしれません。それは、森林の恵みを生かして、木材を適材適所で使いこなしてきた日本人のDNAに脈々と受け継がれる心を表す言葉だともいえるでしょう。

確かに、欧米でも木材を多用した建築が増えていきます。ただし、彼らは「木材が豊富で、地球環境にもよいかから使う」という感覚が強い。CLT(Cross Laminated Timber)にしても、少々無理をしても仕上げ材として見せるという意識は薄いように感じます。

一方、日本人が構造体に木材を使う場合は、それをデザインの要素として最大限に生かそうとする意識が強い。木材のもつ唯一無二の表情、体に触れたときの優しい触感、「繁柱の家」からも感じ取れる経年変化がもたらす美しさなど、木材のよさを本能的に理解しているのでしょうか。

ならば設計者には、木材の樹種はもちろん、生産地や建築の現場に運ばれてくるまでの過程を意識して設計に取り組んでほしいと思います。とりわけ中・大規模木造の構造材としては、性能(含水率やヤング係数、寸法)が明確に表示されているJAS構造材の重要性が一層高まること予想されます。積極的にJAS構造材と向き合うことも必要でしょう。

「木の建築」の時代を担う若い人材の育成も重要です。私が1977年に東京都立大学で建築を教えるはじめの当時、木造の授業はほとんど行われていませんでした。今その状況は改善されつつありますが、カリキュラムのさらなる充実は不可欠です。ただし、若い人には感性に訴えかけるのが効果的。何よりも「木の建築」に対して魅力を感じてもらおうのが肝要です。幸いにも、「木の建築」に積極的に取り組んでいる若い建築家が教育の現場に入ってきています。それは木材の生産や流通、森林の維持管理など、「木の建築」にかかわるさまざまな問題を解決するための土壌となることでしょう。こうした文脈において「木材活用コンクール」の果たす役割は大きい。「われこそは」と思う方は、ぜひご応募ください。「談」

※1 1916年～2016年。京都帝国大学(現京都大学)農学部林学科卒業で、千葉大学建築学科の教授、千葉工業大学の教授・理事を務めた。人間工学や木材工学が専門。人間工学の分野では、学校家具の規格の策定に貢献したほか、東海道新幹線の座席開発委員長を務めた。木材工学の分野では、木材の研究に勤しみ、「法隆寺を支えた木」(西岡常一と共著)などの著作を残した

※2 中村達太郎氏が編集した日本初となる建築専門の辞書。木理が「木の表面に顕われたる線をいう」と明確に概念化されているのに対して、木造は「木造家屋の造り方種々あり。図はその一例にして、旧来の構造に比すれば、改良したる点少なからず」との説明。この文章から、当時は明確に概念化されていなかったことが想像できる

JAS製材が拓くニッポンの木造

安井 昇 桜設計集団

(企画協力=全国木材組合連合会 写真=渡辺慎一)

代々木に事務所を構える桜設計集団。木質化されたインテリアが印象的である。本棚はCLT (Cross Laminated Timber) の走りともなった「Jパネル」(鳥取CLT) で造られたものであり、ブラインドはブランド材として知られる智頭杉(鳥取県・サカモト)を用いて製作されたもの。テーブルはミズメザクラ

広がる木造準耐火の可能性

建築物の木造化は、これからの建築における大きな潮流です。その礎といえるのが2010年に制定された「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」。同法3条には「国の責務」として、木造化のための法整備(建築基準法の改正)と、それに準拠した技術開発の促進、という方針が明文化されています。同法の成立以前、木造化は民間で細々と進められていたのが実態でしたが、成立以降は、行政も主体的に加わり、木造化の機運が高まっています。

そのなかで、元号が令和に変わった19年は、木造化にとって大きな節目となります。6月末に改正建築基準法が施行されるからです。防火性能に関する要諦を簡潔にまとめると、「従来は耐火建築物でしか設計できなかった建物、消火や避難に関して適切な措置によって準耐火建築物として設計できるようになる」と表現できるでしょう。これは木造化にとって大きなメリット。耐火建築物では認められていない燃えしろ設計への対応ができるからです。防火性能への要求が厳しい都市部の木造建築物でも、構造材を現しやすく

法整備に対応する標準的な技術の開発も進んでいます。民間の技術を積極的に活用する「建築基準整備促進事業(国土交通省)では、汎用性の高い防火技術が随時告示化。19年度は、準耐火構造(45分/60分)に75分が追加されます。耐火構造の告示である平12建告1339号に準拠したもの。燃えしろは65・85cm(残存断面20cm以上)とし、外壁(屋内側)は45分準耐火が強化石膏ボード12・5mm厚であるのに対して、75分準耐火では強化石膏ボード42mm厚(2層以上)と例示される予定です。90分準耐火構造の仕様も検討されています。この仕様に基づけば、今までは耐火建築物でしか設計できなかった防火地域の3階建て戸建住宅(延べ面積200㎡以下)を、90分準耐火建築物として設計できます。

私見ですが、人工林(針葉樹)の高さはだいたい20~30m程度。階高が4mと仮定すると、木造建築の理想的な規模は5~7階建てくらいまででしょう。その土壌は整いつつあり、法整備や技術開発に関する情報は常にアップデートされています。設計者・施工者の方には、日ごろからの情報収集を心がけてほしいものです。

安井 昇 [やすい・のぼる] / 桜設計集団

1968年京都府京都市生まれ。'93年東京理科大学理工学研究科建築学専攻(修士)修了。'99年桜設計集団一級建築士事務所開設。2006年~東京都市大学非常勤講師。'07年~NPO木の建築フォーラム理事。'11年~NPO法人team Timberize副理事長。木造防火設計の第一人者として活躍しており、現在は「火育」をライフワークとしている

市街地火災の復興が木造で

加えて、設計者・施工者は木材に関する知見を今まで以上に深めていく必要があるでしょう。RC造やS造の非住宅を生業としていた人たちはもちろん、戸建住宅を生業としていた人も例外ではありません。戸建住宅の多くは4号建築物であり、仕様規

定での構造設計が認められているからです。無垢材を構造材として使用する場合は、品質・性能が明らかでない無等級材を使用するのが一般的です。一方、非住宅では、構造計算により、防火を含めた構造性能を検証しなければなりません。原則的には、品質・性能が明確に保証されている木材を使用すべきでしょう。



「糸魚川市 駅北大火復興市営住宅」の外観。外壁やバルコニー手摺壁、軒天井には糸魚川産のスギを利用している。糸魚川をはじめとする新潟県に多い、雪除けや雨除けのための雁木も印象的 [設計・写真提供=スタジオ・クハラ・ヤギ]

その点で、JAS製材は有用です。特に、ヤング係数(E)や含水率が明確に示されている機械等級区分構造用製材を用いれば、構造設計の信頼性がより確かなものになります。JAS製材であれば燃えしろ設計が認められている、というのも大きな利点でしょう【※1】。

いずれにせよ、木造化が本格化するのにはこれからです。その実態を裏付けるデータとして「木造率」【※2】という指標がありますが、公共建築物では、統計を取り始めた10年度が83%(そのうち低層建築物は17.9%)、17年度が13.4%(同27.2%)。増加傾向にはあるものの、木造率が一気に高まっているわけではありません。それは、補助金制度を利用したもので、まだまだ実験的なところがあり、S造やRC造と比較してのコストメリットを見出しにくい、という現実があるからです。標準的な材料・工法の成熟度を高める必要があります。そうすれば、減価償却期間が短く、木材の風合いを生かした建物環境が提供できる、という意味で木造を選択するケースが自然に増加するでしょう。

ここで、「都市木造」の好例として、私が参加しているNPO法人

team Timberizeのメンバーであるスタジオ・クハラ・ヤギが設計を手がけた「糸魚川市 駅北大火復興市営住宅」を紹介しましょう。16年に発生した糸魚川市大規模火災(新潟県)を受けての復興型共同住宅です。同地域は現在、準防火地域に指定されていますが、火災では、指定前(1960年以前)に建築された多くの木造住宅が延焼・飛び火によって焼失。防災という観点から、当初、発注側の糸魚川市はRC造を想定していたようです。ところが、設計者はあえて木造を提案。最終的には、地元産の木材を使用した木造準耐火建築物(1時間準耐火)の3階建て共同住宅(通称・木三共)の案が採用されるに至りました【令129条の2の3・※3】。

燃えやすい木材を利用して、燃えにくい建築物をつくることは、現在の技術で十分に対応できるのです。ちなみに、今回の法改正によって、準防火地域で準耐火建築物を計画すれば、建ぺい率10%を加算できます【法53条】。法改正以前は、防火地域の耐火建築物しか認められていなかった事項。冒頭の話に戻りますが、これも「公共建築物等における木材利用の促進に関する法律」による1つの成果といえるでしょう。

※1 JAS製材(機械等級区分構造用製材/目視等級区分構造用製材)であれば準耐火構造における燃えしろ設計が可能。45分準耐火構造で規定される無垢材の燃えしろは45mm[平12建告1358号]、1時間準耐火構造で規定される無垢材の燃えしろは60mm[令元国交告195号]
 ※2 すべての建築物に占める木造建築物の割合。着工された建築物の床面積で算出される
 ※3 3階建て共同住宅とする場合は、原則的に耐火建築物としなければならないが、防火地域以外であれば、1時間準耐火構造にすれば、耐火建築物としないで済む

JAS製材が拓くニッポンの木造

瀬野和広

瀬野和広+設計アトリエ

(企画協力=全国木材組合連合会 写真=水谷綾子)



国産材を製材で利用する意味

私の設計事務所では、住宅・非住宅を問わず、数多くの木造建築を設計しています。基本的には集成材ではなく製材（無垢材）を使用。ただし、国産材を積極的に使用するようになったのは2010年以降で、それ以前は輸入材に頼っていました。輸入材を使っていた理由の1つは品質です。輸入材は乾燥が丁寧に行

われていたため丈夫で、木目も美しく、真壁納まりにも最適。一方、昔の国産材にはあまりいいイメージをもっていませんでした。

特に、含水率が100%を超えるものが多いスギの乾燥は技術的に難しく、時間もかかります。ところが、当時の製材所の多くはいち早く市場に出荷するため、高温短時間での乾燥を行っていました。しかし、スギを急激に乾燥すると、極端な内部割れに

よる強度の低下を招いたり、表面の変色を招いたりします。その過程で、木の細胞壁「※」も劣化します。そんな材を、丸太からそのまま切り出した製材と呼んでよいのか。常に疑問に感じていました。

しかし、10年前の天竜杉との出会いで私の認識は一変しました。天然乾燥材（AD材）を特注品ではなく流通材として出荷していると聞き、葉枯らし天然乾燥を行っている製材所を訪ねてみたのです。スギの天然乾燥は最低2年かかります。果たしてビジネスとして成立するのか？

半信半疑のまま製材所を視察すると、本当に天然乾燥を行っていました。品質は輸入材に勝るとも劣らず、価格は国産材のKD材とほぼ同等。ならば、日本の山林で育った木材を使用すべきではないか、との思いを強くしたのです。

近年では、人工乾燥技術も格段に進歩しています。高温乾燥（例約120℃）と中低温乾燥（例約40℃）を組み合わせる手法が浸透した結果、内部割れや表面の変色、細胞壁の劣化などの不具合が抑えさられるようになり、スギの製材を使用できる環境が随分整備されてきました。では、スギやヒノキなどの国産材

を製材として多用すると、客観的に見て、どのようなメリットが生まれるのでしょうか？ それは、地域経済の活性化です。

木材というのは、丸太から、製材などの木材製品として加工されることで付加価値を生み出します。しかし、集成材などは大規模な生産設備が必要となるため、加工できる場所、地域はどうしても限られてしま

小さな工場でも加工が行えますので、地域内で経済がより活性化するのです。

具体例を紹介しましょう。私の出身地である山形県は、「やまがた森林ノミクス運動」という活動に13年から取り組んでいます。川上の林業、川中の製材業、川下の建築業や発電事業までを一体的に捉えた、緑の循環システム構築を目的としたもの。条例の制定などによって、再造林や、非住宅の木造化・木質化などを推進しています。私は19年に、やまがた森林ノミクス大使を仰せつかり、地元の工務店と協力しながら、県産材を使用した家づくりのサポートをするなど、具体的な活動を開始したところです。

設計者の関心が変化を生む

ただし、地元で生産された製材を木造建築で利用するといっても、非住宅の場合は一筋縄ではいきません。住宅の場合は一筋縄ではいきません。確認申請時に構造計算書を添付する必要がある住宅とは異なり、非住宅では、構造計算を正確に行い、確認申請時にその妥当性を証明する必要があります。構造計算の実施を前提として、設計者は次のように対処すべきでしょう。

まずは、やみくもにスパンを飛ばさない、という意識をもつべきです。スパンを無理に飛ばすと、特注品によるコストアップにつながります。体育館などでなければ、一定の間隔で柱を立てて、それをインテリアの



① 「大工館II」(左)と、瀬野氏が1990年代に設計した木造建築(右)の比較。香川県産のヒノキ製材を用いた「大工館II」は、木造住宅の雰囲気に近い。一方、湾曲集成材を用いた木造建築は、鉄骨造などの雰囲気に近い
② 天竜杉(左)と天竜杉(右)のカットサンプル。天然乾燥を行っているため、内部割れがなく、木目も美しい
③ CLT (Cross Laminated Timber) のカットサンプル。「家具や造作材に多用しています。寸法が狂わないのがいい。縦に重ねて使うと、彫刻的な表現が可能になります」(瀬野氏)

要素として取り込んでみる、という割り切りも必要でしょう。19年に完成した事務所+カフェの「大工館II」(香川県)では、構造体のすべてに香川県産のヒノキ製材を用いました。小屋梁に使用した製材の最大断面は120×240mmと標準的。スパンも5m(小屋組)しか飛ばしていません。次に、品質が確かな構造材を指定すること。材料のたわみにくさを示すヤング係数と含水率が明確に表示されたJAS製材(機械等級区分構造用製材)を用いて構造設計を行えば、建物の構造性能をより明確に判定できます。

ただし、JAS製材の工場はまだ数が少なく、仕方なく無等級材で設計せざるを得ないケースが多いという実態もあります。この状況を変えるには、川下にいる設計者が、構造材についてより強く関心を抱くべきだと思います。構造材の指定を工務店・プレカット工場任せにしてはいけません。

そのためには、「川上」「川中」とのコミュニケーションが不可欠。「設計者よ、山に來い！」。特に若い設計者には、この言葉を伝えたい。私の設計人生も山が変えてくれたのですから。

※ 木材を構成する細胞壁の主成分は、セルロース・ヘミセルロース・リグニンの3つ。木材の細胞壁を鉄筋コンクリートにたとえると、セルロースは鉄筋、ヘミセルロースは鉄筋を結ぶ針金、リグニンはコンクリート

瀬野和広 [せの・かずひろ] / 瀬野和広+設計アトリエ

1957年山形県生まれ。大成建設設計本部勤務の後、瀬野和広+設計アトリエを開設。2009年～東京都市大学都市生活学部非常勤講師を務める。良質な国産材を使用した木造住宅・施設の設計を数多く手がけている。著書に「これからの木造住宅のつくりかた」(エクスナレッジ)がある



JAS構造材でつくる 木のホテルは、ボクらの道標。みちしるべ

佐々木達郎 佐々木達郎建築設計事務所

写真=水谷綾子

佐々木達郎 [ささき・たつろう] / 佐々木達郎建築設計事務所

1979年生まれ。大学卒業後、東環境・建築研究所に入所。「星のや軽井沢」をはじめ、日本各地や海外において住宅や別荘、ホテルなどの設計に携わる。その後、2013年に独立し、佐々木達郎建築設計事務所を設立。インテリアデザインから、ホテルなどの施設まで多岐にわたる空間設計を行っている。「星野リゾート BEB5軽井沢」で2019年度グッドデザイン賞、「OMO5 東京大塚 by 星野リゾート」でウッドシティTOKYOモデル建築賞 優秀賞を受賞。メディア掲載多数。http://www.tatsurosasaki.com/

若い人に木のよさを伝える

これからの日本で、若い世代の人たちに、木の建築をもっと身近に感じてもらうためには、今ある建築を通して感覚的にそのよさを訴求していく必要があると考えています。そのためにも、木を、目に見えるところ、手に触れられるところ、に配置するようなイメージで、建築の全体像を描き出さなければなりません。構造材で手に触れるところに木を使うとなると、柱が一番最初に想像

されるのではないのでしょうか。柱には身を寄せられるなど、木をより身近に感じられるからです。こうした思想に基づいて設計したのが、2019年にグッドデザイン賞を受賞した木造のホテル「星野リゾート BEB5軽井沢」です^①。

ただし、木造のホテルを実現するには大きなハードルがありました。世の中にはまだまだ、木造のホテルという実例が少ないので、オーナーである星野リゾートさんを木造という解に導くのに時間がかかったほ

か、設計・施工の面で標準化されたものがなく、とにかく手間がかかったからです。具体的には、耐火性能や遮音性能について入念に検討しなければなりません。

耐火性能については、手に触れられる部分を木の柱とするには、建築物を準耐火建築物として、インテリアの一部に露出する構造材に一定の燃えしろを確保する必要があります。具体的に、特殊建築物に該当するホテルは、2階宿泊エリアの面積が300㎡以上になると、耐火建築物または

準耐火建築物にしなければなりません^②。「法27条」が、耐火建築物では、構造材の耐火被覆が必要となるため、構造材(柱)そのものを現せません。一方、準耐火建築物では、燃えしろ設計が認められているため、構造材そのものを現しにできます。そのため、準耐火建築物(1時間)として計画を進めました。

特に、中庭を望む1階の壁面はほぼ全面が開口部。中庭に自然と視線が導かれるように、柱を露出。すべて燃えしろを確保しています。

ただし、燃えしろ設計が可能なのは、製材や集成材でもJAS規格に適合した製品のみ。しかも、構造材の断面が大きくなるので、早めに、燃えしろを含めた必要なサイズのJAS構造材をスムーズに調達できるように、設計者は施工者などと早めに打ち合わせなどを行う必要があります。

実際には、燃えしろを含めた柱の断面を220mm角(燃えしろは45mm)とする必要があったので、今回はJAS集成材(ベイマツ)を採用したのですが、近年では国産材の大径化とそれに対応できる製材工場も増えているので、今後は無垢材である機械等級区分構造用製材での設計も積極的に取り込んでいけると思います^{※1}。加えて、機械等級区分構造用製材

は、部材のたわみにくさを表示するヤング係数(E)や、寸法安定性や割れにくさにかかわる含水率が明確に表示されているので、木構造による中・大規模建築物、準耐火・耐火建築物の設計時に有効となるはず

JAS材による木質化

遮音性能については、床剛性を向上させ、間仕切壁には高性能グラスウールを利用。音の問題はほぼありません。

しかし、遮音対策などで間仕切壁などを大壁納まりにしようとして、手に触れられる部分の多くが木ではなくなってしまう。何らかの方

法で補う必要があるでしょう。

その裏技として私がホテルでよく用いている手法が、「木の構造材を組み合わせ、家具(寝台や階段状の収納など)をつくる」というものです。こうすると、ヒノキなどの断面の小さな構造材を利用できるので、国産材の利用拡大にもつながりやすい、という利点があります。ここでも、品質が明らかなJAS材は有用です。木材は、曲がる・狂う、というイメージがあるため、メンテナンスやクレームなどを想定すると、ホテルではなかなか使用しにくいのですが、品質が明示されているJAS材なら、適切な材が選択できるので安心です。

こうした設計が功を奏したのか、星野リゾートさんからは高い評価を

頂戴しました。ホテルの稼働率も上々で、特に若い世代の人が多く利用しているようです。木の建築に対する気づきを、さりげなく利用者に与えられているのではないのでしょうか。

将来的には、都市部にある中高層のホテルを木造で計画してみたいです。いまのところ、純粋な木造で計画するのはなかなか難しいのですが^②、構造性能や耐火性能に加えて、意匠性にも優れるCLT(Cross Laminated Timber)や不燃木材の技術開発が進んでいるため、今後、法整備など社会の受け入れ体制が進めば、その可能性は高まるのではないのでしょうか。その骨格をなすJAS構造材に若い世代の設計者は、もっと関心を抱くべきです。【談】

①



写真=ナカサアンドパートナーズ

「星野リゾート BEB5軽井沢」の外装は、新緑が映える漆黒のガルバリウム鋼板仕上げ。一方、中庭に面したスペースでは、燃えしろ設計で柱を現しにしたほか、その内側に八溝山系^{※2}のヒノキ(JAS材)によるフレームを柱に見立てて配置した

②



写真=ナカサアンドパートナーズ

S造13階建て(地下1階)のホテル「OMO5 東京大塚 by 星野リゾート」の外観。木(JAS材)で組んだフレームが窓越しに見え、S造のファサードながらもほどよい温かみを感じられる。使用した木材は八溝山系のヒノキ。「ヒノキならではの白木の表情が上品な佇まいを演出しています」(佐々木氏)

※1 1時間準耐火建築物ではJAS製材の場合、燃えしろを60mm確保する必要がある
※2 茨城県と栃木県、福島県にまたがる山系



木造でつながる社会、 広がる世界

関本竜太（リオタデザイン）

写真＝山内拓也



木の建築は人との距離が近い

木造のよいところは、明確に分業されているS造やRC造とは異なり、基本的に大工さんが多くの工程にかかわること。つくり手の顔が見える建築であるともいえます。また、木は現場で加工しやすく、細かい調整や変更にも対応できるので、設計者としても心強く思います。でも、何といても、木は直感的に気持ちのよいもの。少々乱暴な言い方ですが、建築に木を使っている人は気持ちになる人はいないでしょう。それを私なりに分析してみると、建築と人との距離感なのだと思います。RC造やS造に比べて、木造は人が親しみを感じやすい。建築に身を預けて心地よいのは木造です。

それは世界共通かもしれません。私の好きなフィンランドの建築もそのようにつくられています。彼らは建築のどこかに木を使います。たとえ木造でなくても、家具や造作材には木を使う。そうすることで、建築と人の距離をより近づけているのです。こうした哲学は、リオタデザインの仕事にも生きています。建築のすべてを木で構成してしまうと木が主張しすぎてしまうので、空間の余白に木をバランスよく配置することを

心がけています。たとえば外廻り。外装は板金や吹付け塗装などとすることが多いのですが、塀や外壁の一部に木を使うことで、人を快くもてなす設えとしています。

また、木は多種多様。樹種による違いはもちろん、産地によっても異なる表情を見せてくれるので、木の選定には心を配ります。基本的には、木目が主張しすぎないものを主役に。面材にはラワン合板よりシナ合板を多用しています。一方、線材（構造）にはある程度木目がはっきりしたものを使うこともあります。面材との組み合わせによって、ほどよいコントラストが生まれるからです。具体的には、スギやヒノキ、ヒバなどを使用することが多いです。

構造材の産地は建物の付加価値

木造で計画するならば、やはり構造を見せたいという根源的な欲求があります。建物にかかる力の流れが明快に表れ、嘘偽りのない正直な姿となって立ち現れてくるからです。リオタデザインの定番となっているのが垂木や屋根の構造を現しとするデザインです。

化粧材は、予算の関係もあり、

ダイメンシヨランバー（ツルバイ材）や集成材などをよく用います。製材や無垢材にこだわっているわけでは必ずしもありません。それは、フィンランドでの留学経験も大きく影響しているのだと思います。彼らにはいい意味で「無垢信仰」がなく、集成材と製材とを等価なものとして扱います。集成材でも、その特徴を建築のデザインとしてうまく生かすのです。森林資源を大切にしているともいえるでしょう。

しかし、私がこれまで使ってきた材の多くは輸入材。加えて、負担がかかる梁材はヤング係数（E）が高いベイマツを指定しがちで、これまた、国産の製材のみを用いて木造をつくる機会はありませんでした。多くの設計者と同様に、木への愛着はありながらも、その根幹である構造材の産地には無頓着だったのです。

しかし、私は幸運にも伊礼智さんや古川泰司さん、山田憲明さんなど、国産の構造材にこだわりをもつ設計者とのつながりがあり、建築に取り組み彼らの姿を見てきました。そのことも手伝って、国産材を使うことに対する意識はより強いものになっていきました。

それが、ようやく形になったのが

「普光明寺寺務棟（埼玉県新座市）」です。建立から1千年以上も経つお寺で、山門は市の有形文化財にも指定されています。当然、建築時には、地場の埼玉（旧武蔵国）に生育する木を使用したに違いありません。その歴史に敬意を表しつつ、街の資産の一部としてこの建物が末永く根付いてほしいという願いから、必然的に埼玉県産材を使用しました。

構造材は、金子製材（埼玉県）の製材を指定。理由は、JAS構造材（機械等級区分構造用製材）として、ヤング係数や含水率、寸法といった性能が明確に表示されているからです。なかでも、ヤング係数は重要でした。私は、山田憲明さんが書かれた『ヤマダの木構造』（エクスナレッジ）に記載されているオリジナルのスパン表をよく利用しているのですが、そこには一般的なスパン表とは異なり、樹種に加え、ヤング係数ごとにスパンにに応じた梁成の寸法が記載されています。なので、単にスギの製材を指定するのではなく、ヤング係数などの性能が明確に表示された材を使う必要があったのです。

こうした実績が大きな安心感を生み、今後の家づくりなどでも国産材を使いたいと考える建築主は増える

- 1 スギ製材の垂木（45×105mm・303mmピッチ）を現しにした「普光明寺寺務棟」。スギ製材には、江戸城にも利用されるなど古くから優良木材として知られる西川材（埼玉県南西部産）を利用している。天井は熊野産（三重県）のスギ小幅板仕上げ
- 2 室内から延びる西川材の垂木が目を引き軒天井。一般的な木造在来軸組構法の骨組を軽やかに見せる設えは、リオタデザインの真骨頂
- 3 コーナー窓で、現しにした西川材の柱（120mm角）に手をかける関本竜太氏。「節がなく、木目がきれいなので、思わず手で触れたいです。木造は人間との距離が近い、というのがいいですね」（関本氏）

でしようね。個人的には、スギの木目を見るとやはり懐かしい感じがします。生産者の顔が見える木材だというのもいい。木造を通して、人と地域社会が「数珠つなぎ」のように重なり合い、密な世界をかたちづくる、とでもいいでしょうか。

ただし、国産の製材のみにこだわらなければならないと考えています。スギは確かに、ヤング係数がやや低い。ならば、スギとベイマツのラミナを重ね合わせたハイブリッドの集成材を部分的に採用するのも1つの手段でしょう。国産材を軸に据えながら、輸入材もうまく組み合わせさせて使っていく。それが木の建築ならではの多様性であり、フィンランドで建築を学んだ私らしい建築のつくり方ではないか、と考えています。「談」

関本竜太
【せきもと・りょうた】

1971年埼玉県生まれ。'94年日本大学理工学部建築学科卒業。'94年～'99年エーディーネットワーク建築研究所。2000年～'01年フィンランドヘルシンキ工科大学（現アールト大学）留学。現地の設計事務所プロジェクトにかかわる。'02年リオタデザイン設立。北欧建築・デザイン協会（SADI）理事。主著に『上質に暮らすおもてなし住宅のつくり方』（エクスナレッジ）がある

③ 単純梁（梁幅105mm）における2階床梁スパン表

負担幅 (mm)	スパン (mm)		1,820	2,730	3,640	4,550	5,460
	スギE70	ヒノキE90					
910	スギE70	ヒノキE90	120	180	240	300	360
	スギE70	ヒノキE90	105	180	210	270	330
	スギE70	ヒノキE90	105	150	210	270	300
1,820	スギE70	ヒノキE90	150	240	300	360	450
	スギE70	ヒノキE90	150	210	270	330	420
	スギE70	ヒノキE90	150	210	270	330	390

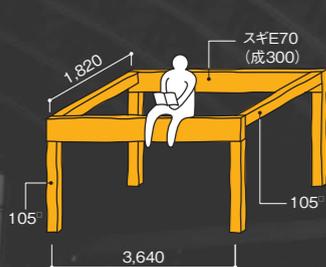
単純梁の場合は、ベイマツよりもやや梁成を大きくすれば、スギでも同等程度のスパンを飛ばせる。宮崎県（オビスギ）など、地域によっては成400mm程度の製材を入手することも可能

④ 片持ち梁（梁幅105mm）における2階床梁スパン表

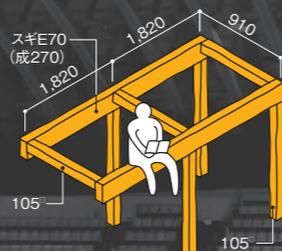
負担幅 (mm)	室内側スパン (mm)		910	1,820	2,730	3,640	
	跳ね出しスパン (mm)	スギE70				ヒノキE90	
910	跳ね出しスパン (mm)	スギE70	910	1,820	2,730	1,820	3,640
	スギE70	ヒノキE90	150	270	390	180	NG
	スギE70	ヒノキE90	120	240	360	180	450
1,820	スギE70	ヒノキE90	120	240	330	180	450
	スギE70	ヒノキE90	180	330	NG	240	NG
	スギE70	ヒノキE90	150	300	450	240	NG
	スギE70	ヒノキE90	150	270	420	240	NG

片持ち梁は、支持条件が不利になるため、たわみが大きくなる。結果として、単純梁よりも梁成を大きくしなければならない。加えて、片持ち梁の室内側スパンが短くなると、テコの原理により、控え部分の接合部にかかる反力が大きくなるので、跳ね出しスパンと室内側スパンの長さは同じ以上にする。跳ね出しスパンによっては構造が成立しない場合もある

* ③④ともに「ヤマダの木構造」より一部抜粋



スギ (E70) 製材を用いた単純梁の架構。2間 (3,640mm) であれば、梁ピッチを1,820mmとする場合、梁成300mmで空間が成立する。一般的な居室であれば十分なサイズ



スギ (E70) 製材による片持ち梁の架構。跳ね出しスパン1,820mm、室内側スパン1,820mm、梁ピッチ910mmの場合は、梁成270mmが必要

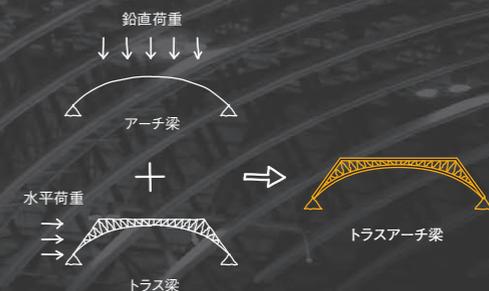
① スギとベイマツの基準強度比較 (単位: N/mm²)

		圧縮 (Fc)	引張り (Ft)	曲げ (Fb)	せん断 (fs)
無等級材	スギ	17.7	13.5	22.2	1.8
	ベイマツ	22.2	17.7	28.2	2.4
機械等級区分構造用製材 (JAS製材)	スギE50	19.2	14.4	24.0	1.8
	ベイマツE50	—	—	—	2.4
	スギE70	23.4	17.4	29.4	1.8
	ベイマツE70	9.6	7.2	12.0	2.4
	スギE90	28.2	21.0	34.8	1.8
	ベイマツE90	16.8	12.6	21.0	2.4
	スギE110	32.4	24.6	40.8	1.8
	ベイマツE110	24.6	18.6	30.6	2.4

ヤング係数が明らかな機械等級区分構造用製材 (JAS製材) では、同じヤング係数という条件では、圧縮・引張り・曲げという3つの指標でスギはベイマツより優れている。加えて、スギはヤング係数が低くなくても、強度の低下が少ない。参考までに、スギの標準的なヤング係数はE50~70、ベイマツは同E90~110



大分県産のスギ製材で70mの大スパンを実現した「昭和電工 (大分県立) 武道スポーツセンター」。鉛直荷重と水平荷重に対して強い構造になるよう、アーチ梁とトラス梁を組み合わせたトラスアーチ梁で架構を形成した



トラスアーチ梁の模式図。使用されるスギ製材は断面120×240mm、長さ4mまでの流通製材。ヤング係数がE70の材だけでなく、E50の製材も、上弦材や束に使用するなど、資源の有効活用を図った

「スギは弱い」という先入観が住宅における木材の利活用が推進されている。木造建築の構造材として代表的な樹種といえはスギだろう。素材生産量は1位で「※1」、地域を問わず、全国で入手しやすい樹種である。ただし、柱材としては多用されているものの、スパンが長くなると、床梁 (単純梁・片持ち梁) はベイマツなどで代用されるケースが少なくない。その要因を、構造設計者の山田憲明氏は次のように分析する。

「原理的に木材は繊維方向に強く、縮みにくく、鉛直荷重を支える柱材に適しています。加えて、国産材のスギ柱は、芯持ち材として木取りされるのが一般的であり、シロアリや木材腐朽菌に強い成分を多く含む、という利点があります。」

一方、梁材としては、ほかの樹種に比べて鉛直荷重に対してたわみやすい、という弱点があります。たわみの量は、ヤング係数で示されます。生物材料なので数値にバラツキはあるものの、一般的に、ベイマツはE110、ヒノキはE90、スギはE70のものが多く流通しています。ただし、スギが梁材として適

「スギは弱い」という先入観

「具体的な、梁材の断面算定 (梁成) を行うに当たって、最も参考になるのがスパン表だろう。同表を用いれば、複雑な構造計算を行わなくても、必要な梁成を的確に判断できる。山田氏の著書『ヤマダの木構造』(エクスナレッジ) では、「本当に使える! ヤマダ流 オリジナル梁スパン&継手表」と題したスパン表が掲載されているので、ぜひ参考にしたい。

「同スパン表では、スギ (E70)、ヒノキ (E90)、ベイマツ (E110) の3種類の梁成が簡単に比較できます。加えて、断面算定の根拠となる「たわみの制限値」を、建築基準法「平12建告1459号第2・※2」よりも厳しめに設定しています。床梁では、建築基準法の「たわみ制限値」が

あり、そのため、スギは構造材としての利用価値が高い、とも言えます。2019年に完成した「昭和電工 (大分県立) 武道スポーツセンター」(設計: 石本建築事務所) では、スギによるたわみにくい構造としてアーチトラスで屋根を支えています。約7割はE50の製材です「※2」。

「スパン表は『ヤマダの木構造』」

「最近では、スギも大径化が進み、梁成300mm程度の製材も入手しやすい状況に変わりつつあります。大きな梁材は木の空間づくりに効果的ですが、スギであれば、不思議と日本の木の空間となります。」

ただし、こうした木の空間を実現するには、構造性能の十分な製材を使用したほうが安心です。無等級材でも基準強度はあるとはいえ、強度を担保するには梁成を大きくする必要があります。一方、機械等級区分構造用製材 (JAS製材) であれば、ヤング係数や含水率などの性能が明確であるため、設計時に最適な製材を選択できるほか、全国どこでも品質が定められた製材を入手できます (山田氏)。

※2 建築基準法における床梁のたわみ量の制限値は、長期たわみの値で規定されている。長期たわみは、初期たわみ×変形増大係数2倍≤スパンの1/250以下とされている

「スギは弱い」という先入観

「原理的に木材は繊維方向に強く、縮みにくく、鉛直荷重を支える柱材に適しています。加えて、国産材のスギ柱は、芯持ち材として木取りされるのが一般的であり、シロアリや木材腐朽菌に強い成分を多く含む、という利点があります。」

一方、梁材としては、ほかの樹種に比べて鉛直荷重に対してたわみやすい、という弱点があります。たわみの量は、ヤング係数で示されます。生物材料なので数値にバラツキはあるものの、一般的に、ベイマツはE110、ヒノキはE90、スギはE70のものが多く流通しています。ただし、スギが梁材として適

「スギは弱い」という先入観

「原理的に木材は繊維方向に強く、縮みにくく、鉛直荷重を支える柱材に適しています。加えて、国産材のスギ柱は、芯持ち材として木取りされるのが一般的であり、シロアリや木材腐朽菌に強い成分を多く含む、という利点があります。」

一方、梁材としては、ほかの樹種に比べて鉛直荷重に対してたわみやすい、という弱点があります。たわみの量は、ヤング係数で示されます。生物材料なので数値にバラツキはあるものの、一般的に、ベイマツはE110、ヒノキはE90、スギはE70のものが多く流通しています。ただし、スギが梁材として適

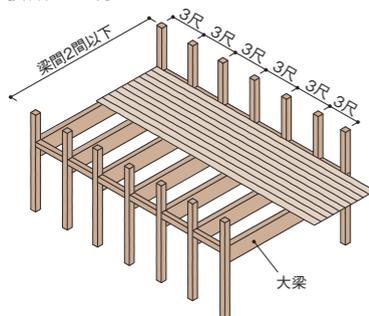
国産のスギで大空間をつくる方法

山田憲明 (山田憲明構造設計事務所)
+
全国木材組合連合会

※1 2017年の国産材素材生産量の樹種別割合は、スギが57%、ヒノキが13%、カラマツが11%、広葉樹が10%

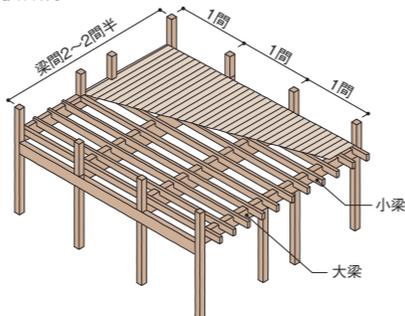
2. 床の組み方を考える

A：根太レス床



梁を現しにする場合、シンプルな空間構成となるが、梁成の大きなものを数多く調達する必要があるため、国産材への対応はBよりも難しい。梁間スパンが2間以下であれば国産材でも可能

B：根太床



梁成の大きなものは少なくてもよく、二次梁（小梁）については、断面が小さい梁でよい。小梁については、負担荷重が少ないため、スギなどの製材を採用しやすい。荷重のかかる大梁のみを鉄骨（H型鋼）として、それ以外の小梁を国産材でまかなう方法も考えられる

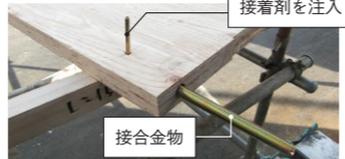
3. 梁の架け方を工夫する

A：トラス梁



小さな部材を組み合わせた組立梁によって大スパンを飛ばす方法。構造計画は複雑になるものの、国産材の活用に可能性が広がる。「日本平夢テラス」(意匠設計：隈研吾建築都市設計事務所／構造設計：オーノJAPAN)では、小屋組に静岡県産のヒノキ(120×180×4,000mm)の製材を使用。中央の蕪束に対して多角的に梁を架けて(外周部はシザース状)、5.5mのキャンチレバーを実現している

B：梁をつなげる

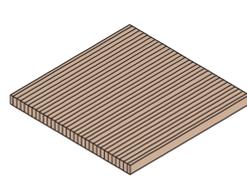


単純梁の材長が稼げない場合、梁の端部に金物を挿入して接着剤を注入し、結合する「グールドインロッド(GIR)」という方法もある

C：ジョイント梁とマッシュホルツ

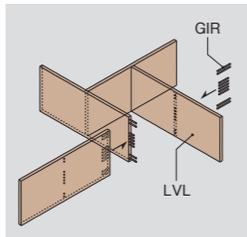
ジョイント梁

マッシュホルツ



材料費はかかるものの、梁のピッチを細かくするジョイント梁を採用するケースは少ない。ディメンションランバー(ツーバイ材)が利用されることが多い。さらに、梁を一方に連続させ密着させるマッシュホルツという手法もある。施工にやや手間がかかるものの、水平構面を兼ねられるという利点がある。「層ごとにラミナが直交しているCLTよりも高い剛性が得られます」(大野氏)

D：持ち合い構造(レシプロカル構造)



中央に向かって、4本の梁を架け合わせる手法(マグカップと箸でも表現可能)。昔の寺社仏閣でも採用されていた構造形式で、4本の梁が中央部で矩形に重なり合うことで「総持ち」の状態をつくる。長尺材(6m)が入手できない場合や、現場に搬入できない場合に有効な手段。写真の事例では強度の高いLVL(45×1,200mm)による持ち合い構造によって、彫りの深い天井を実現した

1. ヤング係数とめり込みについて理解する

① ヤング係数(輸入材≧国産材)

樹種	ヤング係数
ベイマツ集成材(輸入材)	E120/E135
オウシュウアカマツ集成材(輸入材)	E105/E110/E120
カラマツ製材(国産材)	E90/E110
ヒノキ製材(国産材)	E90程度
スギ製材(国産材)	E70程度

梁のたわみに関する指標で、製材に関しては、機械等級区分構造用製材(JAS製材)では明確に表示されている。ヤング係数が大きいほどたわみの量が少なくなり、梁成を抑えられる。樹種ごとの標準的なヤング係数は表のとおり。産地によってバラつきはあるものの、輸入材を国産材で代替する際は目安として梁成を1~2割程度上げる。一方、JAS集成材では、オウシュウアカマツの集成材とカラマツの集成材は同程度の強度が得られる

② めり込み

グループ	樹種	基準比重	基準支圧強度	
			繊維方向	繊維直交方向
J1	ベイマツ・クロマツ・アカマツ・カラマツ・ツガなど(比重が0.50程度のもの)	0.42	25.4	12.7
J2	ベイヒ・ベイツガ・ヒバ・ヒノキ・モミなど(比重が0.44程度のもの)	0.37	22.4	11.2
J3	トドマツ・エゾマツ・ベニマツ・スプルース・スギ・ベイスギなど(比重が0.38程度のもの)	0.32	19.4	9.7

MEMO 平角材を柱で使う場合の注意点

正角材
120
120
120

平角材
105
137
180

座屈しやすい

昨今では120mm角(4寸角)のような正角材の柱が入手しにくくなっている。120mm角を105mmの平角材(梁材)で代用する場合、105×137mmで4寸角と同程度の断面積になるが、柱として使用する場合には、平角材は正角材よりも座屈しやすくなるので、より断面寸法を大きくする必要がある。目安として105×150mmや105×180mmの平角材を検討したい

軸組の接合部(柱と梁)を見せる場合、梁材のめり込み強度が小さいと、接合金物(ガセットプレート)のサイズやボルトの本数が増えてしまう。めり込み強度が大きいと、接合部の仕様を簡素化できる。その指標として、「木質構造設計規準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法-」(日本建築学会)がある。上表によると、ベイマツやカラマツはめり込み強度が大きいJ1に、スギはめり込み強度が小さいJ3にグレーディングされる[*]。したがって、梁成を大きくして国産材にする場合でも、樹種によっては接合金物が大きくなるので注意が必要

木造在来軸組構法で非住宅の計画を行う場合に、しばしば問題となるのが梁の設計です。単純梁の場合、梁の断面寸法は、たわみで決定されることが多いのですが、天井高やデザイン的な理由から断面を小さくすることが求められるので、なるべくヤング係数の高い樹種を選択するようにしています【1】。

ただし、ヤング係数の高いベイマツ(輸入材)は年々調達が難しくなっており、国産材に対する需要も高まっています。単純に考えれば、梁成を大きくすれば国産材での設計も可能です。また、床を根太床とすれば、床組は複雑になるものの、負担の少ない小梁は無理なく国産材が使えます【2】。

一方、梁の架け方を工夫してもよいでしょう【3】。トラス梁や梁の連結、ジョイント梁、マッシュホルツ、持ち合い構造など、小さい断面の構造材を用いて多様な空間を形成することは可能です。いずれの方法についても、空間のデザインや構造材の調達に関する条件を加味しながら、最適な方法とその都度模索していくこととなります【談】。

* 「木質構造設計規準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法-」では、比重(基準比重)ごとに木材を3つのグレードに分類している

2. 木造3階・4階建てビル（事務所）のコストはS造・RC造と同等

チーム	建物概要				工事費/㎡（消費税抜き）		
	階数	防耐火	工法	延べ面積	概算木造使用量	想定金額	他構造比較
福岡県	3	口準耐火建築物1号	木造軸組	1,441㎡	288㎡	32.0万円 [106%]	30.2万円 (S造)
佐賀県	4	耐火建築物等 (法21条、法61条)	木造軸組	2,210㎡	442㎡	38.0万円 [123%]	30.9万円 (S造)
長崎県	4	耐火建築物	木造軸組	463㎡	93㎡	27.7万円 [95%] 30.7万円 (RC造)	29.2万円 (S造) 30.7万円 (RC造)
熊本県	3	イ準耐火建築物	木造軸組 CLT床	412㎡	82㎡	13.8万円* [99%]	13.9万円* (RC造)
大分県	4	耐火建築物同等 (法21条)	木造軸組	403㎡	80㎡	34.8万円 [122%]	28.4万円 (S造)
福岡県B	3	イ準耐火建築物	木造軸組	390㎡	78㎡	26.3万円 [99%]	26.4万円 (S造)

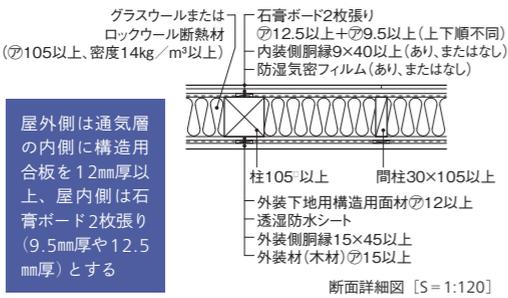
* 熊本県の工事費は構造躯体建築工事費の金額とする https://www.kyuukeiren.or.jp/committee/index.php?committee_id=4&id=3202&page=1

九州経済連合会は2020年2月、地域産材の利用拡大を目的として、各県ごとに木造3階・4階建てのビルについて、コストシミュレーションを行った結果を発表した「左表」。いずれも在来軸組構法で、準耐火建築物（イ・ロ）と耐火建築物について試算を行い、ほかの構造（S造とRC造）との比較を行った。使用した木材の量は延べ面積の2割。結果として、平米単価はそれほど差がない結果となっている。「首都圏や関西圏などでも、平米単価は上がりますが、3構造で同じような結果が得られるでしょう」（安井氏）。

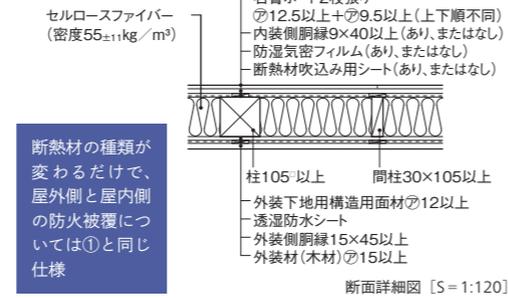
3. 15mm厚の杉板で45分準耐火構造外壁を実現

JBN・全国工務店協会は、15mm厚の杉板を外壁に使用した45分準耐火構造の国土交通大臣認定を取得した。外壁側は水に弱い石膏ボードを張る必要がなく、構造用合板のみで構成が可能。加えて、グラスウールやロックウール（不燃材料【平12建告1400号】）以外の断熱材（セルロースファイバーやフェノールフォーム）の使用も可能になっている。

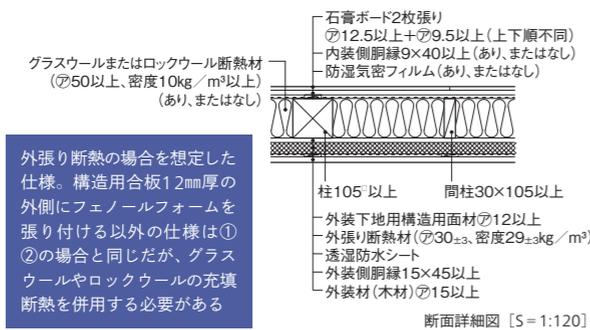
① グラスウール・ロックウールの場合



② セルロースファイバーの場合



③ フェノールフォームの場合

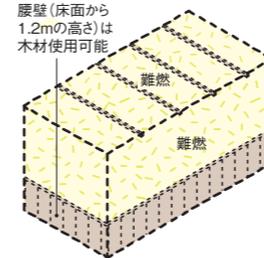


地元産の杉板を縦張り仕上げとした「京丹波町役場」（設計：香山壽夫建築研究所／施工：大成建設）。45分準耐火建築物の外壁なので、JBNが取得した国土交通大臣認定の仕様を採用している。断熱材はグラスウールを使用（充填断熱）

1. 木造の保育所で木材を見せる方法は4つある

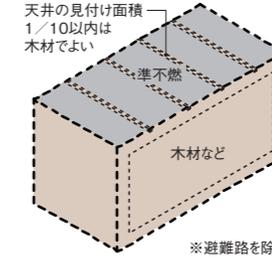
木造の保育所を平屋で計画する場合、延べ面積が1,000㎡以下であれば、防火壁（令113条）で区画することなく、「その他の建築物（耐火建築物・準耐火建築物以外の建築物）」として計画できる。ただし、延べ面積が200㎡以上ならば内装制限（法35条の2）の対象となり、仕上げが制限される。その場合に、木材を見せる方法は以下の4つ。

① 壁・天井を難燃材料で仕上げる（その他の建築物）



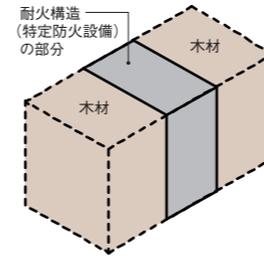
内装制限に従って、天井と壁を難燃材料で仕上げる。ただし、床面から1.2m以下の腰壁であれば、内装制限の対象外となるので、木材仕上げが可能。天井の見付け面積1/10以内であれば、木材を見せることが可能。平12建告1439号に基づく取り扱いによる

② 天井を準不燃材料で仕上げる（その他の建築物）



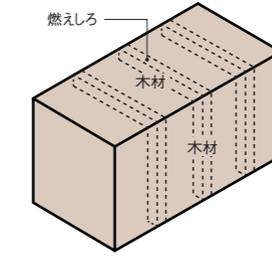
天井をより性能の高い準不燃材料【※】で上げると、壁を木材で上げることが可能となる

③ 防火区画で内装制限を解除（その他の建築物）



延べ面積が200㎡以下になるように、主要構造部を耐火構造（特定防火設備）とする防火区画を設けると、内装制限が解除され、木材を自由に使用できる。昭和26年の別棟解釈に関する通達に基づく方法

④ 準耐火建築物として内装制限を解除



準耐火建築物とすれば内装制限を解除することができ、構造（柱や梁）を見せられる。燃えしろ設計を行う必要があるものの、平屋の場合、屋根を支えるだけの梁（登り梁）の幅は120mmで設計可能で、構造材も比較的調達しやすい。ただし、JAS構造材（製材・集成材・CLT・LVL）を指定する必要がある

非住宅の木造化・木質化で重要となる耐火の技術は、建築基準法が改正された2000年以降に急速に進み、中小規模の用途ではほぼ出そろっているといえます。設計者には、最終的なデザインやコスト、部材の調達方法を念頭に置きながら、最適な方法を選択する能力がさらに求められるようになるでしょう。

たとえば、木造の保育所で木材を仕上げ材として見せる方法は4つあります【1】。このとき、JAS構造材を調達できないのであれば①③の方法が、JAS構造材を調達できるのであれば④の方法も選択肢となります。

一方、保育所も含めて、コストの観点から木造化の利点が生かせるのは3〜4階建てくらいの規模でしょう。九州経済連合会が事務所用途で行った試算では、木造準耐火建築物・耐火建築物とS造・RC造のコストがほぼ同等になる、という結果が出ています【2】。木材仕上げによる45分準耐火構造の外壁【3】など汎用性の高い技術も登場しています。こうした知見を生かせば、木造化・木質化はさらに進展するでしょう。

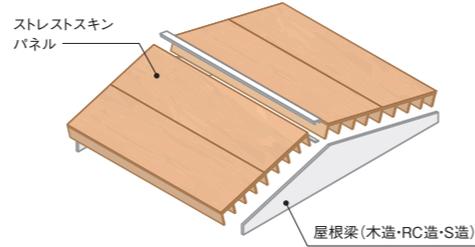
【談】

※ 難燃材料とは加熱開始後5分間は燃焼しない材料。準不燃材料は同10分間、不燃材料は同20分間

4 12m材とストレートスキンパネルによる屋根が実現可能



LVLのさらなる特徴は、長尺材(最大12m)の生産に対応できること。加えて、LVLを箱状に組み立てたストレートスキンパネル(組立梁)は水平構面としても使用可能(床倍率換算で倍率15の性能が期待できる)。しかも、LVLの梁とストレートスキンパネルをプレファブ化した「キールム ストレートスキンパネル屋根」を使用すれば、木造軸組による大空間の工期短縮とコストダウンが実現できる。「一場木工所」(意匠設計: HUG・河本組・team Timberize/構造設計: MID研究所/施工: 河本組)では、国産のカラマツ材を用いた「キールム ストレートスキンパネル屋根」を用いて12mスパンの片流れ大空間を実現。LVLならではのアスペクト比の大きい(梁幅50mm/梁成420mm)梁を303mmピッチで配した天井は、LVLならではの意匠[竣工写真=浅川敏]



5 準耐火構造・耐火構造(1時間耐火)でも使用可能

LVLはJAS単板積層材として確かな防耐火性能を備えており、準耐火建築物(告示)や耐火建築物(国土交通大臣認定)で使用可能。準耐火建築物では燃えしろ設計による45分・60分準耐火建築物、耐火建築物では“被覆型(メンブレン型)”[※3]による1時間準耐火構造が可能となっている

a 準耐火構造

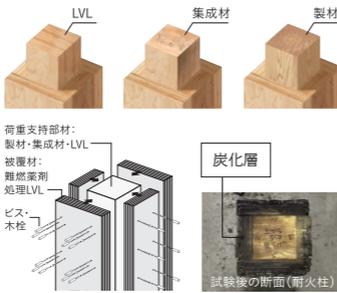
要求 耐火時間	燃えしろ寸法	
	柱・梁	壁・床・屋根
準耐火30分	—	25mm
準耐火45分	35mm	35mm
準耐火60分	45mm	45mm

LVLは平27国交告253号(現令元国交告195号)によって燃えしろ設計が認められるようになった。JAS集成材と同様に、JAS製材と比較して燃えしろの寸法を薄くできるのが特徴(JAS製材では準耐火30分で30mm、45分で45mm、60分で60mmの燃えしろが必要)



1時間準耐火構造の耐力壁をカラマツのLVL(150mm厚)で設計した木造3階建ての「みやむら動物病院」(意匠設計: ATELIER OPA + ビルディングランドスケープ/構造設計: 桜設計集団/施工: 大和工務店)。耐力壁の性能を壁倍率換算で想定すると、倍率20以上の性能が期待できるとい

b 耐火構造



荷重支持部材を取り囲む被覆材に、リン酸窒素系の薬剤で難燃処理を行った60mm厚のLVLを使用した1時間耐火構造(全国LVL協会が国土交通大臣認定を取得)。柱・梁ともに、荷重支持部材に製材・集成材・LVLを使用することが可能[※4]。ほかの耐火構造に比べて低価格で、木材を見せられるという点に利点がある。被覆材は施工現場で接着剤・ビスを使用して取り付けられるほか、火災後には炭化した表面のLVLのみを取り換えられる



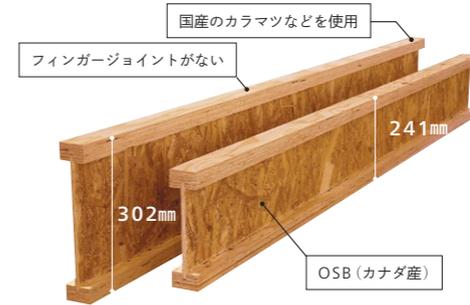
「やはた幼稚園 保育ルーム」(設計: ビルディングランドスケープ)では、薬液を含浸しやすいスギのLVLで被覆した1時間耐火構造の柱を4本採用。国産スギの製材(160mm角)にLVL(60mm厚)を被覆した280mm角の独立柱。表面は溶剤系ウレタンクリア塗装で仕上げた

※3 木造の耐火構造は3種類に分類される。荷重支持部材の周りを耐火被覆材(強化石膏ボード)で覆う“被覆型(メンブレン型)”、荷重支持部材(木材)の周りに燃え止まり層を設けて、その外周を木材で仕上げる“燃え止まり型”、荷重支持部材にH形鋼を使用し、その外周を木材で仕上げる“木質ハイブリッド型”である

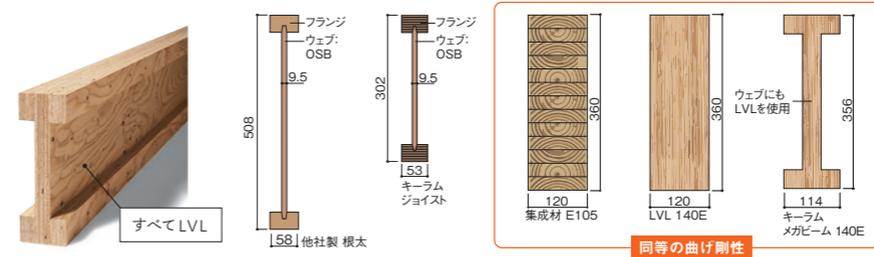
※4 現在、柱に使える樹種はスギ・カラマツ・ホワイトウッド・ヒノキ・ベイマツ・スプルース・アカマツ・ラジアータバイン・ダフリカカラマツ。2022年6月以降に梁にも同様の樹種が使えるようになる予定

1 I形ジョイスト梁のフランジ材として誕生

LVLは1969年に米国のトラスジョイスト社(現ウェアハウザー社)により、木造枠組壁工法のI形ジョイスト梁に使用されるフランジ材として開発された。当時、フランジ材としては無垢材が一般的だったが、フィンガージョイントによる強度の低下が懸念されていた。LVLではフィンガージョイントのないI形ジョイスト梁が可能で強度が低下しない。日本では'78年に造作材用として、'88年に構造材用としてJAS規格化され、'90年代に国内生産が本格化した



2 辺材の使用割合が多いので強度が抜群



ほかの木質系材料と比べてとき、LVLの特徴はその抜群の強度である。繊維方向をそろえて、単板(約3~4mm)を接着剤[※1]で張り合わせているので、軸材(柱・梁)、とりわけ梁材として使用した場合、鉛直荷重に対して高い曲げ性能を発揮する。加えて、製材や集成材とは異なり、高密度で強度が高く狂いが少ない辺材の使用割合が多くなる点もLVLならではの“強さ”を支えている。結果として、ウェブ材にもLVLを使用したI形ジョイスト梁は、OSBのみを使用したものよりも梁成を抑えられる

3 国産材(カラマツ・スギ)での生産が主流に

A種構造用LVL[※2]の基準強度

曲げヤング係数	曲げ性能の表示	基準強度(単位 N/mm ²)			
		圧縮 Fc	引張り Ft	平使い(FH) Fb	縦使い(FV) Fb
160E	160E-600FHv	41.4	31.2	51.6	51.6
140E	140E-525FHv	36.0	27.0	45.0	45.0
	140E-450FH-525Fv	34.8	23.4	39.0	45.0
120E	140E-450FHv	34.8	23.4	39.0	39.0
	120E-385FHv	30.0	19.8	33.0	33.0
100E	100E-375FHv	25.8	19.8	32.4	32.4
	100E-320FHv	25.2	16.8	27.6	27.6
90E	90E-335FHv	23.4	17.4	28.8	28.8
	90E-290FHv	22.8	15.0	25.2	25.2
80E	80E-300FHv	21.0	15.6	25.8	25.8
70E	70E-260FHv	18.0	13.8	22.8	22.8
60E	60E-225FHv	15.6	12.0	19.8	19.8

スギやヒノキ、カラマツなども基準強度が明示

平使いと縦使いの基準強度が別々に設定

90年代にキータックが構造用LVLの量産を開始した当初、原料はベイマツやラジアータバイン、ロシアノラチなどの輸入材のみだったが、近年では国産材(カラマツ)での生産が増え、同社での輸入材・国産材生産比率は同程度。ファーストプライウッド(青森)やオロチ(鳥取)ではスギでの生産を行っている。JAS集成材と同様に、ヤング係数(E)の異なる複数の樹種(単板)を混ぜ合わせたLVLも生産可能。構造用LVL(A種構造用LVL[※2])における最新の基準強度では、平使い(FH)と縦使い(FV)に分けて曲げ強度(Fb)が表示されており、縦使いする場合は、ヤング係数が比較的低いスギのB材やC材を利用しやすくなっている。将来的にはナラやシラカバなどの広葉樹を原料とするLVLも実用化の見通し

※1 接着剤にはフェノール樹脂接着剤、レゾルシノール樹脂接着剤、水性高分子-イソシアネート系接着剤のいずれかを使用する。LVLどうしを張り合わせる場合(二次接着)には主にレゾルシノール樹脂接着剤を使用する

※2 構造用LVLのうち、主繊維方向に直交する単板を入れないもの、または主繊維方向に単板を入れる場合、その仕様を最外層の隣接部分に限定したもの

LVLの確かな潜在力

協力キータック+全国LVL協会

LVL(Laminated Veneer Lumber)は、構造材や内装材、造作材として幅広く利用されている木質材料。近年では国産材を原料とするLVLの生産が増えているほか、1時間耐火構造が可能になるなど、非住宅の木造化・木質化を担う材料としての存在感を高めている。今回は、構造材LVLのバイオニアであるキータック+全国LVL協会に、材料の歴史や特徴、最新動向について話を聞いた。

つ 木 J く の A る 大 S 方 空 製 法 間 材 を で



意匠設計＝美建設計 写真＝水谷綾子

山田憲明 (山田憲明構造設計事務所) + 全国木材組合連合会

陸梁のない開放的なトラス梁

無垢の製材を柱・梁として現しにした空間には、在来軸組構法ならではの魅力がある。ただし、製材の標準的な寸法は、材長が最大6m、梁成も300mm程度が限界。単純梁でスパン6mを超える大空間を実現するには工夫が求められる。具体的には、製材を組み合わせた組立梁という方法がある。その1つがトラス梁※1。製材を三角形に組み、それを連続させる組立梁だ。トラス梁には、主に軸力(圧縮力・引張り力)しか作用しないので、製材が小断面でも大スパンを飛ばせる。

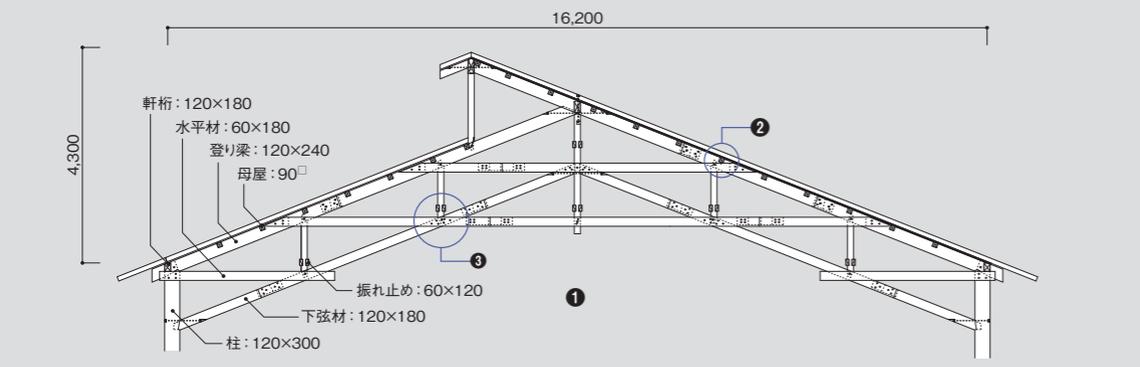
ただし、トラス梁として最も一般的で勾配屋根の木造校舎などでよく見かける山形トラスの洋小屋は、桁レベルに陸梁が通る※2。圧迫感が感じられるほか、体育館などで用いられれば、競技に支障をきたしかねない。理想は、低い位置に陸梁が出ないトラス梁。それを実現するのが、安房高校武道場(千葉県)の架構である。構造設計は山田憲明氏(山田憲明構造設計事務所)が手がけた。山田氏は言う。「剣道や柔道を行うこの武道場では、桁レベルに陸梁のない勾配屋根なりのトラス梁としました。ポイントには東材と斜

材と水平材の納まり。トラス梁は力学的には有利な構造ですが、木造で計画する場合、1つの接合部に複数の部材が集中し、3方向から軸力が作用します。通常は大きな製作金物を使わないと納めにくい。ここでは、引張り力を負担する水平材を60×180mmの平割材2本にしたほか、120mm角の束材・120×180mmの斜材を少しずつ切削加工して両側からサンドイッチ。接合部の応力伝達と美観を両立させました。長さが6mを超える水平材の継手も、2つの平割材の間に鎌形の鋼木を入れてビス留めし、十分な強度を確保しました。見た目もコンパクトです。」

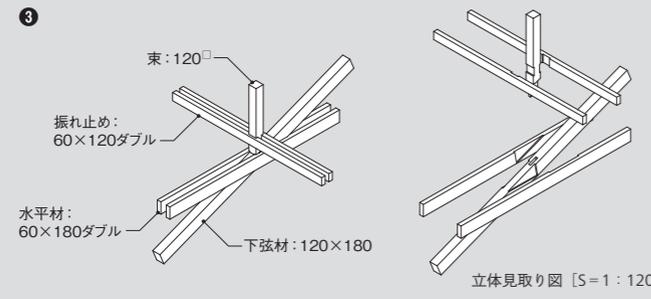
ベイマツにも負けないスギ

トラス梁を構成する製材として使用したのは千葉県産のスギ。JAS製材規格の機械等級区分構造用製材であり、ヤング係数はE70である※3。「ヤング係数が明らかな機械等級区分構造用製材を使えば、無等級材、さらに、目視等級区分構造用製材に比べて、強度に対する信頼性が高まるため、安心して設計が行えます※4。加えて、スギはベイマツに比べてヤング係数が低いことから構造材としての強度

※1 製材を上下に重ねてずれ止めや接着剤で一体化した重ね梁や、製材を折線状につなげたアーチ梁などの手法もある
 ※2 JIS A3301 木造校舎の構造設計標準に規定される標準山形トラスでは、幅120mmの製材で最大12mのスパンを飛ばすことができる
 ※3 JAS規格材は、目視等級区分構造用製材と機械等級区分構造用製材に大別される。機械等級区分構造用製材では、部材のたわみにくさを示すヤング係数が明確に表示される
 ※4 ヤング係数がE70のスギの基準強度は、圧縮力(Fc)が23.4、引張り力(Ft)が17.4、曲げ(Fb)が29.4であるのに対し、ヤング係数がE90のベイマツの基準強度は、Fcが16.8、Ftが12.6、Fbが21.0。ヤング係数に対する強度はスギのほうが優れていることが分かる [単位はいずれもN/mm]



トラス梁詳細図 [S=1:150]



立体見取り図 [S=1:120]

- トラス梁によって16.2mのスパンを実現。梁材はすべて千葉県産のスギで、最大断面となる登り梁も120×240mmと断面サイズが小さい。木材の接合にも特殊な製作金物を用いておらず、ビスや引きボルトのみ。金物が目立たず、木の質感を最大限に生かしている
- 母屋は屋根勾配なりの構造用合板に合わせて設置。母屋の断面欠損をなくした
- 木材の取合いは嵌合接合。応力が十分に伝わるように仕口の形状を工夫しているため、通常のプレカット加工機では切削できない形状となっている。ここでは、特殊な形状にも対応できる3Dプレカット加工機を用いて仕口を加工した



- 棟部は越屋根となっており、高窓からの自然光が館内にこぼれる。登り梁と下弦材を小屋束でつないで、小屋束と下弦材の接合部を水平材でサンドイッチしている
- 小屋束・下弦材・水平材・振れ止めの接合部。大きな製作金物がなく、木(スギ)の組み合わせのみによるシンプルで美しいデザインを実現している
- 軒桁周辺部の納まり。120×300mmの扁平柱を水平材でサンドイッチしているほか、下弦材を扁平柱に差し込むように接合している。仕口はいずれも3Dプレカット加工機で加工
- 安房高校剣道部・柔道部は全国大会でも優勝するなど数々の実績を残している名門。同高の卒業生にはX JAPANのYOSHIKIとTOSHI、乃木坂46の高山一実がいる
- 構造設計を手がけた山田憲明氏。「小さな製材の組み合わせによる大スパンの事例は、ほかにもたくさんあります。最近では、大分県産の製材で、断面が120×240mmのスギを用いて70mスパンを実現した『大分県立武道スポーツセンター』の屋根も構造設計しました」

山田憲明 [やまだ・のりあき]
 1973年東京都生まれ。'97年京都大学工学部建築学科卒業。同年増田建築構造事務所入所。2012年山田憲明構造設計事務所設立。[国際教養大学中島記念図書館]や「ペラビスタスバ&マリナーメインダイニング エレテギア」、「竹林寺納骨堂」など、木造建築の構造設計者として第一線で活躍中。主著に『ヤマダの木構造』(エクスナレッジ)がある

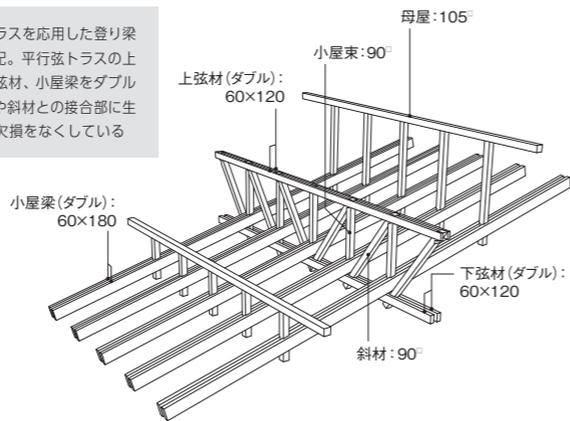
が劣ると思われるかもしれませんが、平12建告1452号第2では、樹種・ヤング係数ごとに基準強度が定められていて、ベイマツにも負けない強度をもつことが実証されています。機械等級区分構造用製材であれば、スギのみで大スパンを飛ばす、という可能性もぐっと広がりますね」(山田憲明氏)。

木造建築の可能性を広げる機械等級区分構造用製材。その利用促進を促すため、全国木材組合連合会ではJAS構造材活用宣言事業を行っている。JAS構造材の活用に意欲のある需要事業者・供給事業者、JAS構造材の活用に関する宣言を促すとともに、宣言内容を公開することで見える化するといったもの。JAS構造材の活用の機運を高めることを目的とした事業である。詳細はJAS構造材利用拡大事業のHPを確認してほしい。



森林浴や山登りができる裏山のある自然豊かな敷地に計画された「上の台保育園」の外観。山小屋や北欧のコテージをイメージして設計された。ウッドデザイン賞では、「JAS製材を組み立てた特徴的な架構」が高く評価された

平行弦トラスを応用した登り梁も5寸勾配。平行弦トラスの上弦材と下弦材、小屋梁をダブルとして束や斜材との接合部に生じる断面欠損をなくしている



山田憲明 [やまだ・のりあき]

1973年東京都生まれ。'97年京都大学工学部建築学科卒業。同年増田建築構造事務所入所。2012年山田憲明構造設計事務所設立。「国際教養大学中島記念図書館」や「ペラピスタスバ&マリナーメインダイニング エレテギア」、「竹林寺納骨堂」「大分県立武道スポーツセンター」など、木造建築の構造設計者として第一線で活躍中。主著に『ヤマダの木構造』(エクスナレッジ)がある

スパンが7.28mある片流れ天井の保育室。平行弦トラスが屋根荷重の負担に大きく寄与する。平行弦トラスと直交するように、ダブルの小屋梁を配している

「1011頁」にお願いしました。製材の接合に使用したのは目立たない構造用ビスや小さなボルトのみ。こうしたディテールへのこだわりが、小屋組の軽やかさを引き立てるのである。

スの応用です。具体的には、空間を3・64mずつに分けて、その中央に平行弦トラスを配置し、平行弦トラスと直交するように、屋根勾配なりの小屋梁をダブル材で架けています。

トラス梁に使用された製材は栃木県の製材所で生産されたもので、樹種は国産のスギである。ヤング係数はE70、含水率は20%、梁成は最大で24mmと一般的な製材だが、ヤング係数や含水率など品質が明確な機械等級区分構造用製材を使用したことで、構造計算の信頼性が高められた。

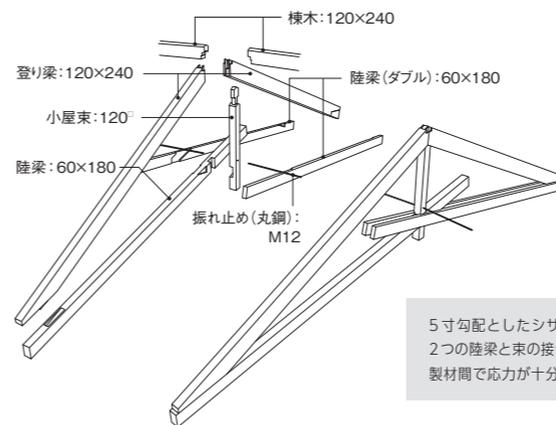
ただし、小さな製材を組み合わせて小屋組を形成するため、製材の取合いがやや複雑になる。とはいえ、大きな接合金物は見せたくないもの。「この問題を解決するために、仕口の形状を工夫し、接合金物に頼らなくても、製材の嵌合によって力が伝達できるようにしています。加工は3Dプレカットのノウハウに長ける篠原商店さん」



山田憲明 (山田憲明構造設計事務所) + 全国木材組合連合会

小さなJAS製材と軽やかな小屋組

建物：上の台保育園 設計：(株)時設計 写真：建築写真家 田岡信樹



スパンが9.1mある切妻天井の遊戯室。小屋組はシザーストラスを応用したもので、束と陸梁の取合いが通常とは異なる。断面欠損による強度の低下を防ぐため、陸梁を跳ね出したほか、片方の陸梁(60x180)をもう片方の陸梁2本(60x180)で挟み込んだ

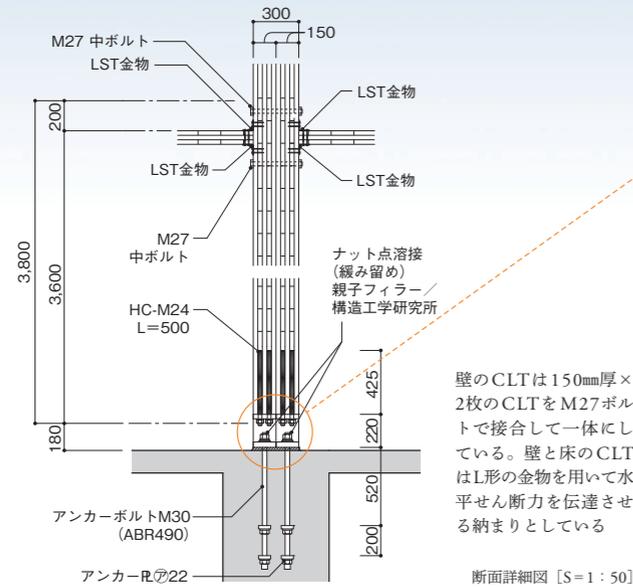
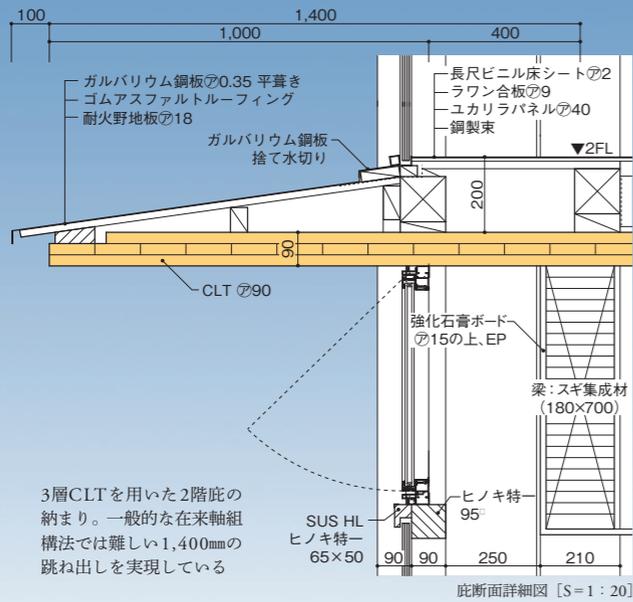
5寸勾配としたシザーストラスのモデル。複数の部材が集中する2つの陸梁と束の接合は嵌合接合として、製作金物を排除。ただし、製材間で応力が十分に伝わるように、仕口の形状を工夫している

小屋組を現にしたデザインは木造ならではのもの。天井が高く、開放感も得られる。2018年にウッドデザイン賞「※」のハートフル部門に入賞した「上の台保育園」(設計：時設計)もその一つ。切妻屋根(遊戯室)「上」・片流れ屋根(保育室)「左」の勾配なりに小屋組を見せたインテリアが実に印象的である。

ただし、遊戯室のスパンは9.1m、保育室のスパンは7.28m。材長が最長6mの製材(無垢材)で小屋を積み上げるのは難しいため、トラス構造が用いられた。構造設計を手がけた山田憲明氏は、設計の要点をこうまとめる。

「遊戯室では、中央に束を立てる山形トラスを基本に考えました。ただし、軒桁レベルに通る陸梁は空間の開放性を低下させてしまいます。そこで、陸梁に勾配をもたせてシザーストラスのようにしました。保育室は、平行弦トラス」

※ 木のよさや価値を再発見させる製品や取組みについて、特に優れたものを消費者目線で評価し、表彰する新しい顕彰制度。2015年に創設された



- 5 建物の正面は全面ガラス張り。一般的な木造では、外壁面に一定量の耐力壁が必要だが、この建物では斜材で耐力を確保し、木造では難しい全面ガラスのファサードを実現した
- 6 幅2.2×高さ11.5m×5層(150mm厚)×2枚のCLTを建て込んでいる様子。重量は約3t。2枚重ねたことで施工時に自立可能となった
- 7 CLTと梁(スギ集成材)の接合は、シンプルな顎乗せ+帯金物とした
- 8 CLT脚部は、ボックス金物を介してアンカーボルトと接続している。施工時の誤差吸収のため「親子フィラー」と呼ばれる誤差吸収用の特殊金物を使用



- 1 「高知学園大学新校舎」は3階建て。2階・3階の床と屋根の水平構面は3層(90mm厚)のCLTで構成。その剛性の高さを生かして2方向に跳ね出している。軒樋の見えないシンプルな端部が印象的。小口面は面落ちにしてCLT現しとし、外壁の仕上げはヒノキ目透かし縦張り
- 2 建物を斜め方向から見る。正面は全面開口部になっている
- 3 妻面にある階段室の耐力壁。5層(150mm厚)のCLTを2枚重ねて合計厚さ300mmの壁とした。3層分(1~3階)のCLTが木質感に富むインテリアの重要な要素となっている
- 4 建物内で最も大きな教室は9.4×22mの無柱空間。梁は150×700mmのヒノキ集成材を使用。開口部に見えるのは、耐力を確保するための斜材(木ブレース)

CLTでつくる近未来の木造 高知学園大学新校舎

設計 艸建築工房／横島康 構造設計 桜設計集団構造設計室／佐藤孝浩

写真: 艸建築工房

産のスギを利用した3層(90mm厚)のCLT(製造は銘建工業)により、軽やかに跳ね出した軒や庇が実に印象的な建物である。構造設計を担当した佐藤孝浩氏は、CLTを採用した理由とその使い方のポイントについて次のように語る。

「CLTには、大版として使用できる点にメリットがあると私は考えています。この建物はそれをテーマに、最大限のパネルサイズで構造計画を行いました。建物短辺方向の耐力壁には、最大幅2.2×最大長さ11.5mのCLTを用いています。一般的な木造の階高を3mと想定すると、3層分の耐力壁を1枚のCLTでまかなっていることとなります。これによって、接合部の金物点数は最小限に抑えられ、工期も短縮できます」。

「床・屋根にも大版のCLTを使い、軒の大きな跳ね出し(最大1.4m)や、隅角部の2方向跳ね出しを実現しました。耐力壁線間距離が最大22mもあった教室の水平構面の剛性・耐力についても、大版のCLTが有効に機能して確保してくれています」。

ほかにも、CLTは防耐火性能(この建物は1時間準耐火構造※2)に優れるなど、ほかの構造材にはない魅力がある。その特徴を存分に生かせば、日本の森林資源の有効活用と、木造建築のさらなる普及へとつながるはずだ。

「CLTは繊維方向が層ごとに直交しているため、2つの方向に対して一定の強度を発揮する。加えて、前述したように大版での製作が可能なことから、結果として、1枚の版かつ比較的単純な納まりで2方向に跳ね出すことができるのである。こうした意味において、CLTは木造建築の可能性を大いに高めてくれる材料といえるだろう。」

このような特徴を生かした建物を紹介しよう。CLT建築の多い高知県で計画された「高知学園大学新校舎」。高知県

CLT(Cross Laminated Timber)は、横に並べた30mm厚のラミナ(挽き板)を、繊維方向が層ごとに直交するように積層接着した木質材料。CLTの特徴はさまざまあるが、まずは、大版として利用できるという点がある。日本では最大幅3m×最大長さ12mのCLTが製造されており、1枚の版で大きな構面を形成できる(道路法を踏まえると、23×12mまでは比較的容易に施工できる※1)。

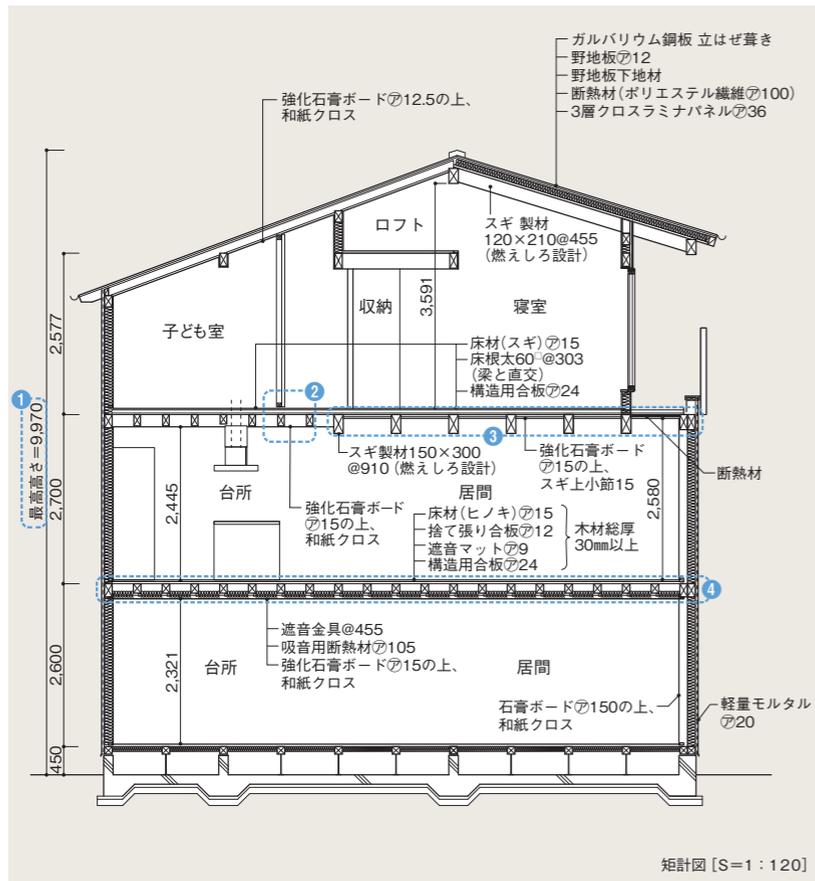
次に、CLTを使用すると、一般的な木造(在来軸組構法)では難しいとされる2方向への跳ね出しが可能になる、という点が挙げられる。一般的な木造では、2つの梁が取り合う出隅部分では、梁を重ねる必要があるなど、納まりが悪くなり、構造的にどうしても問題が生じてしまう。

その点、CLTは繊維方向が層ごとに直交しているため、2つの方向に対して一定の強度を発揮する。加えて、前述したように大版での製作が可能なことから、結果として、1枚の版かつ比較的単純な納まりで2方向に跳ね出すことができるのである。こうした意味において、CLTは木造建築の可能性を大いに高めてくれる材料といえるだろう。」

このような特徴を生かした建物を紹介しよう。CLT建築の多い高知県で計画された「高知学園大学新校舎」。高知県

※2 1時間準耐火構造において、JAS集成材を用いて燃えしろ設計を行う場合、燃えしろは45mm確保する必要がある [令元国交告195号]。厚みのあるCLTは燃えしろを確保しやすい

※1 道路法によると、車両で運搬可能な貨物の最大幅は貨物積載状態で2.5m、最大長さは同12m



- 1 建物は第1種中高層住居専用地域に立地している。最高高さが10mを超えると日影規制の対象になるので、最高高さを9.97mとした。この条件下で3階建ての建物を計画する場合、階高が3m未満になるため、燃えしろを含めた成の大きな梁を現しにすると、空間に圧迫感が生じるので注意が必要である
- 2 S造と異なり、木造の場合は躯体の耐火被覆を隙間なく連続させる必要がある(メンブレン)。燃えしろ設計を適用した柱・梁以外の部分は、天井(床)・壁の耐火被覆を連続させる
- 3 構造を現しにしない部分については、強度を重視して木材を選ぶとよい。45分準耐火建築物の天井は、15mm厚の強化石膏ボードで覆う
- 4 木造建築物では遮音性能の確保が難しい問題となる。この住宅は、二世帯住宅(1階が親世帯、2・3階が子世帯)であったため、2階の床梁(ベイマツ製材、120×150mm)を455mmピッチで配置し、床剛性を高めて振動を抑え、梁間に遮音性能に優れたグラスウールを充填した



ささら桁を取り付けた後の階段室。耐火被覆となる石膏ボードの内側にささら桁を取り付けているので、耐火被覆の欠損が生じていない



さまざまな給排水管や電気配線が引き回されるPSも耐火被覆の内側に設ける。欠損が生じる場合には、パテなどで被覆する。PSの内側には壁下地としての石膏ボード(12.5mm厚)を張る



スイッチ・コンセント部については、耐火被覆の開口を行う。ただし、鉄製のものを使用しなければならない



3階床梁(2階天井)を取り付けた後の様子。現しとする部分にはスギ製材(JAS製材)を使用し、被覆する部分には、オウシュウアカマツ集成材(JAS集成材)、ダフリカカラムツLVL(JAS単板積層材)を使用している(写真外)。オウシュウアカマツ集成材(E120)は、スギよりもヤング係数が高いため、梁成を抑えられる。断面寸法を105×180mmとしている

木造準耐火のディテールと施工

M邸 [設計: 桜設計集団/施工: 鮫組] × 全国木材組合連合会

写真=(29頁)川辺明伸、(30頁)桜設計集団

東京・JR山手線沿線の建物が密集する狭小敷地に計画された「M邸」は、木造3階建ての二世帯戸建住宅。45分準耐火建築物として設計されており、2階と3階は構造体を現しとした内装となっている。設計を手がけたのは安井昇氏(桜設計集団)である。

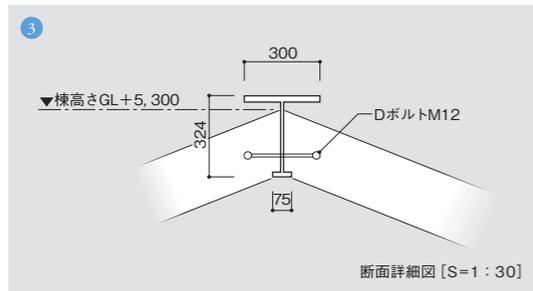
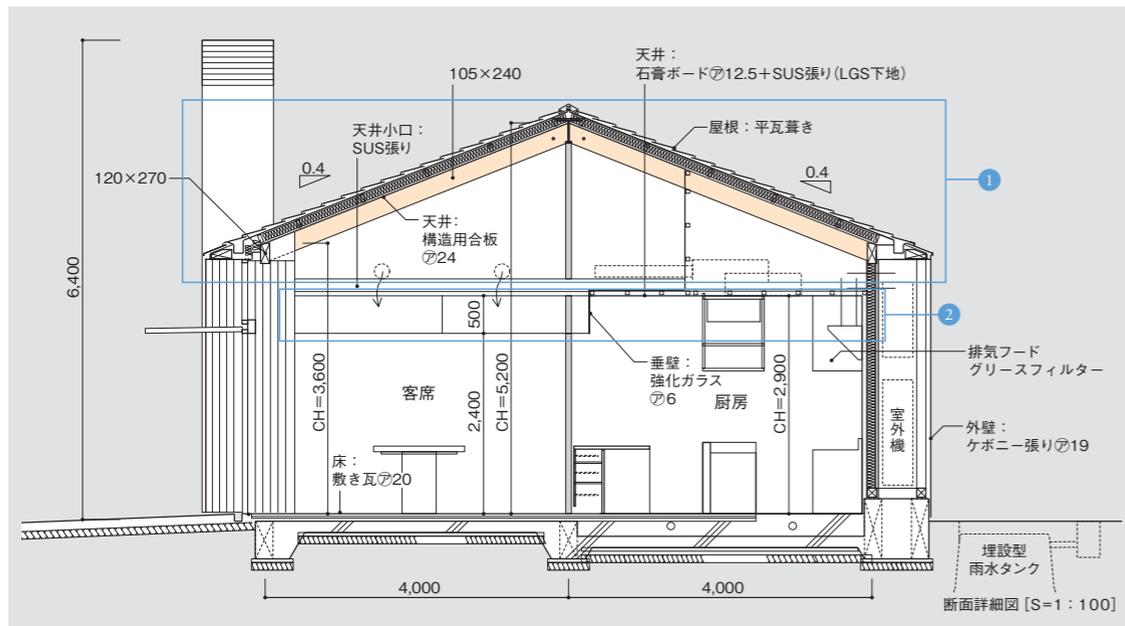
「現しとした梁は国産のJAS規格に適合するスギ製材(機械等級区分構造用製材)で、2階の天井では、45mmの燃えしろを確保しています【※1】。ただし、すべての梁を現しにしているわけではありません。その理由は、梁の断面が大きくなると、含水率が高いスギの製材は乾燥が難しくなるから。現在、国内にある製材所の多くは、製材の乾燥を中温乾燥(約80℃)で行っています。ところが、断面が大きくなると内部まで十分に乾くのに時間を要します。どのJAS製材工場でも断面の大きな製材が製造できるわけではないので、梁の断面をむやみに大きく設定するのは好ましくありません【※2】。150×300mmくらいを目安とすべきでしょう。スパンは3千640〜5千460mmですね。こうした理由によって、「M邸」でも、現しとした柱・梁を除き、強度が高く断面を小さくできる輸入の集成材を使用している。

一方、準耐火建築物の木造戸建住宅では、施工上の注意点も増える。現場監督を担当した田内徹郎氏(鮫組)が振り返る。

「準耐火建築物で、燃えしろ設計を行う場合は、構造材の重量が増えるほか、耐火被覆材となる石膏ボード(強化石膏ボード)の厚みや数量が増えることも悩ましい点です。3階建てにもなると、クレーン車を活用して施工の段取りを組み、手際よく工事を進めていく必要があります。加えて注意すべきは、石膏ボードが「下地」ではなく、「被覆」であること。燃えしろ以外の部分は、すべて石膏ボードで覆う必要があるため、石膏ボードに造作材などが貫通しないように納める必要があります。施工者には、「火災を燃え抜かせない」という意識が求められるのです」。

※1 45分準耐火建築物(イ準耐火)を設計する場合、屋根の仕様は30分準耐火構造となる。JAS製材で燃えしろ設計を行う場合は、屋根を支える小屋梁(小ばり)の燃えしろを30mm確保すればよい(JAS集成材・JAS単板積層材の場合は同25mm)

※2 高温蒸気式減圧乾燥機を用いれば気圧を0.2Pまで下げることによって沸点が下がり、より低い温度で乾燥することが可能になる。これにより、木材の劣化や変色、内部割れを抑えられるものの、設備投資費用がかさむため、導入している製材所は少ない



- 1 「Maruta」の架構。H形鋼の棟木に、両側からスギの製材（JAS・機械等級区分構造用製材/E70）を登り梁として掛けた【※】。軒桁も現しになっているが、その断面寸法も120×270mm。「流通製材」として調達できる
- 2 火気使用室と客席を区画するための垂壁は天井から50cm以上の高さを確保する。視界を遮らないように、強化ガラスによる垂壁とした
- 3 登り梁（スギ製材）と棟木（H形鋼）の取合い。H形鋼に両引きのDボルトを貫通させ、登り梁を一体化する納まり。H形鋼はフランジの長さが上下で異なる特注のビルトH（鋼板を溶接してつくるH形鋼）。下端は75mm幅とし、角型鋼板の柱サイズに合わせた
- 4 「深大寺ガーデン」の外観。左側が戸建住宅、右側が「Maruta」。緑鮮やかで多種多様な植栽の背景として、イイ感じにくすんだ縦羽目板張りの外壁が目映える。植物由来のアルコールを主成分とする溶液で針葉樹を硬化させたいえで、耐腐食性を高める「ケボニー化」処理を施したラジアータパインを使用。外部空間における針葉樹の利用拡大を促す技術として期待できる

放感が損なわれてしまう。そこで候補に挙がるのが木と鉄骨とのハイブリッドである。大きな鉛直荷重がかかる部位に鉄骨を使用すれば、「流通製材」を生かした木の架構を実現しやすくなる。「変形したH形鋼を棟木に採用したほか、中央部の柱として75mm角の角型鋼管を配置しました。棟木の成は324mm。その存在感は煩わしいものではない。登り梁も断面が105×240mm、長さが4.2mと、「流通製材」として調達可能なサイズ。結果として、母屋のないシンプルな切妻の天井によるインテリアを実現できました（古谷俊一氏）。

飲食店をはじめとする木造の非住宅建築を在来軸組構法で計画する場合、調達がしやすく、価格も安定的なJAS製材を含む「流通製材」を使用したところ。「深大寺ガーデン」の架構が教えてくれるのは、鉄骨やコンクリートのハイブリッドによって、「木構造のシンプルな美しさが表現可能になること」「近くで採れた構造材が使用しやすくなること」なのである。

※ JAS製材のうち、機械等級区分構造用製材ではヤング係数(E)が明確に表示されている。全国木材組合連合会が実施しているJAS構造材利用拡大事業におけるJAS構造材個別実証支援（JAS構造材の調達費を一部助成する制度）において製材の使用を意図する場合、機械等級区分構造用製材としなければならない。目視等級区分構造用製材や無等級材は対象外



スギの「流通製材」による登り梁を1mピッチでH形鋼の棟木にかけて、野地板（ラーチの構造用合板）とともに現しとした。スギの製材はヤング係数(E)が明示されたJAS製材(E70)を使用している【※】。手前に見えるのがステンレスの天井と強化ガラスの垂壁。火気使用室と奥の客室を分離し、内装制限の範囲を限定している

「深大寺ガーデン」は生産緑地の開発によって生まれた、緑豊かな戸建住宅・長屋・飲食店の環境共生建築。国産材の活用や再生可能エネルギーの利用（太陽光発電や雨水利用など）の取り組みが高く評価され、米国の「LEED for Homes」プラチナ認定を取得した。日本でも「日本空間デザイン賞大賞」をはじめ、複数の賞を受賞している。薪火レストラン「Maruta」は、国産のスギ製材による登り梁を現しにした素朴なインテリアが印象的。その手法を紹介しよう。

“流通製材”+鉄骨でつくる 木造軸組の大空間

深大寺ガーデン／古谷デザイン建築設計事務所

写真＝新建築社写真部

客席と厨房が一体となった開放感に富む木造の飲食店において、構造材を現しにする際に問題として立ち上がるのが、内装制限である。火気を使用する場合は、客席を含めた空間全体が内装制限の対象になるため、不燃材料の垂壁で火気使用室と客席を区画して、客席のみ構造材を現しとするのがよい。

「深大寺ガーデン」の一角を占める木造の薪火レストラン「Maruta」では、強化ガラスの垂壁やステンレスの天井で防火区画された火気使用室を、切妻屋根の空間に差し込むように設計。スギ製材の登り梁と野地板を現しとしたインテリアを実現している。

ただし、梁間方向のスパンは8m、桁行方向は15mもある。棟部にかかる鉛直荷重を正しく処理するためには、棟木の成を大きくして、桁行方向に等間隔で柱を立てなければならぬ。ところが、棟木の成が300mmを大きく超えると、「流通製材」での調達が難しくなるほか、複数の柱を立ててしまうと、空間の開



スギの丸太から平角材を製材している様子。自動送材車式帯鋸盤（シングルバンドソー）【※3】を利用して行う



写真右が高温蒸気式減圧乾燥機。機械等級区分構造用製材の基準である、仕上げ材（乾燥後修正挽きまたは材面調整を行い、寸法仕上げした製材）については含水率20%以下（SD20）にする必要があり、山長商店ではこの基準に準拠した製材品を出荷している



機械によるプレカット加工（ホゾ加工）された紀州松の正角材（柱）。機械加工で対応しにくい複雑な加工については、常駐大工による手加工で行う



新工場YSSで、紀州杉のB材を製材している様子。ツイバンドソー【※3】を用いて加工を行う



紀州杉の平角材（120×240mm）。芯持ち材で、辺材部分も含めて目が詰まっていることが分かる。高温蒸気式減圧乾燥を行っているため、内部割れや変色がなく、きれいに乾燥されている。一方、製材後数年が経過しているため、全体が艶色を帯びている。まさに経年変化による美しさだ



貯木場で丸太の選定を行っている様子。「山長商店の貯木場に来るのは初めてですが、これほどまで整然と丸太が選別されている貯木場をほかに知りません。このシーンだけでも、山長さんの妻さを感じます」（古川氏）

にくいのですが、当社的高温蒸気式減圧乾燥技術により、平角のJAS製品を生産できるようになりました。乾燥炉内を0.2気圧まで下げることと沸点が60℃まで下がります。一般の高温乾燥温度に比べて低い温度で乾燥させるので、色変わりがなく精度よく仕上げられます」。

以上のように、品質管理が徹底されたJAS製材は、住宅・非住宅を問わず魅力的だろう。ただし、製材として使われるのは良質な丸太（通称・A材）のみ。森の恵みを最大限に生かすためには、曲がり丸太などのB材も有効に活用したい。その発想を受けて、山長商店は2021年4月に新工場Yanacho Smart Sawmill（Y.S.S.）の稼働を開始した。B材を用いて間柱や筋かいなどの羽柄材、集成材の原料となるラミナの生産を行う。

「非住宅での木材活用を考えた場合、床面積が約1千㎡になると、JAS製材のみでは非現実的。紀州杉のB材がラミナとして流通すれば、ヒノキやカラマツなどの国産材ラミナとの組み合わせも可能なので、スギの構造材としての利用価値がさらに高まるでしょう。新工場の稼働に大きな可能性を感じますね」（古川氏）。

※3 シングルバンドソーは帯鋸が1つ、ツイバンドソーは帯鋸が左右に2つ



榎本会長（左）と古川氏（右）。林業家として、建築家として木と真摯に向き合ってきた2人は、その経験や想いをそれぞれの書籍にまとめた。榎本会長の著書「木と共に生きて—山の恵みを届けて300年—」は日刊木材新聞での連載をもとにしたもの。「木の家に住もう。」は2011年に出版され、JAS製材を用いた保育所「わらしべの里共同保育所」が生まれつきかけにもなった「木の家に住みたくなったら」を大幅に改訂したものである

古川泰司、JAS製材工場を訪ねる。

古川泰司（アトリエフルカワー級建築士事務所）× 榎本長治（山長商店）

「本内容の見直しに当たっては、“木を切る”こと、すなわち“木を使う”ことの大切さを強調しました。それは次世代の森を育てるということ。その想いを表現すべく、榎本さんのような木を育てる男の絵を付け加えています」（古川氏）



山長商店は、良質な紀州杉のJAS製材（機械等級区分構造用製材）の製材工場・プレカット工場として、設計事務所・工務店に広く知られている。2021年には羽柄材や集成材の原料となるラミナの新工場も立ち上げ、紀州杉の有効活用や建築物の木造化をさらに推し進めている。今回は、「木の家に住もう。」（エクスマレッジ刊）をリリースした古川泰司氏をお招きし、その取り組みを紹介する。

古川泰司氏は、林業や製材業にも精通する建築家。その古川氏が高く評価する製材所の1つが山長商店である。「山長さんの妻さは、他社に先駆けてスギのJAS製材の生産に取り組んでいることはもちろん、植林からプレカットまでをワンストップサービスで手がけていること。特に、プレカットのオペレーターがしっかりといるので、質の高い木造建築を共にカタチにしてくれます」。

その礎となっているのが、徹底された森林の管理と卓越した製材技術である。代表取締役会長 榎本長治氏はこう語る。「植林については植栽密度の高さに特徴があります。1ヘクタール当たり約5千本【※1】。それを10年に1度くらいのペースで適度に間伐しているため、目詰まりのよい丸太を得られます。芯持ちの平角材（横架材）の強度も十分。その性能の高さはヤング係数（E）の高さとしても実証されています。スギのヤング係数は一般的にはE70ですが、当社の紀州杉は、E90の出現割合が50%を優に超えています【※2】。

「製材時の乾燥技術にも自信があります。スギの生材は含水率が100%〜200%もあり、細胞内部の水が抜け

※1 地域によっては1ヘクタール当たり約1,000本のところもある

※2 紀州杉のヤング係数はE90の出現割合が約50%、E110が約18.3%となっており、全体としてはE90%以上の割合が約70%となっている

写真=平林克己

近未来の木造を語る 共通言語。 JAS 製材



⑦ 機械等級区分構造用製材（105mm角の柱）の印字例。SD20は含水率の区分、E70以上はヤング係数の等級を示す



- ① 原木の消費量が年間30万㎡を誇る製材工場。八溝山系（福島県・茨城県・栃木県）に生育する高品質のスギ（工場の担当者によると、赤身がきれいで、スギの標準的なヤング係数E70を超えるE80前後の出現割合が多いとのこと）を主に取り扱う
- ② 手入れされた人工林から伐採したスギの年輪（直径360mm）。材芯の目が詰まっており、強度も高い
- ③ 丸太の選別・皮剥ぎの工程。剥がれた皮はバイオマス燃料として利用される
- ④ 木取りの工程。丸太から角材にカットしていく。写真は正角材（管柱）をカットしている様子。側板の部分は間柱（羽柄材）や集成材のラミナなどに利用される
- ⑤ 高温蒸気乾燥庫（100～120℃）で外層を割れにくくする蒸気処理の後、中温乾燥庫に入れ替えて（約80℃）の中温域で仕上げ乾燥
- ⑥ マイクロ波による含水率検査（赤色の機械）ラインを通過し重量測定、同時に打撃式強度測定する。等級や寸法などの表示事項が材面に印字される

JAS製材工場探訪。 The Factory of Timber Frame

取材協力＝協和木材（株） 工場
企画協力＝（社）全国木材組合連合会

国産材の製材（無垢の構造材）を生産する日本最大級の工場として知られる協和木材（株）工場。同工場の強みは品質の高さ・確かさである。主力製品であるスギの柱材は、その多くが含水率とヤング係数が明らかなJAS製材（機械等級区分構造用製材）として出荷されている。今回は、その製造工程を一挙公開。丸太から製品出荷までの流れを追う。

写真＝平林克己

JAS 構造材工場探訪

The Factory of Timber Frame

取材協力Ⅱ (株) サイプレス・スナダヤ 東予インダストリアルパーク工場 / 愛媛県 農林水産部森林局 林業政策課

企画協力Ⅱ (一社) 全国木材組合連合会

写真Ⅱ 平家康嗣

2018年に建設された(株)サイプレス・スナダヤ東予インダストリアルパーク工場(愛媛県西条市)は、全国でも屈指の大規模なCLT(Cross Laminated Timber)の量産工場。スギやヒノキのCLTを製造しており、約2万㎡/年の生産能力を有している。今回はその製造工程を一挙公開。令和の木造を担うCLTの素顔を追う。



- 1 ラミナ(挽き板)の製造からCLTの製造までを一貫して行う東予インダストリアルパーク工場。原材料は主に樹齢40~50年前後のスギ・ヒノキ。特に、ヒノキ(丸太)は、愛媛県が全国有数の素材生産量を誇ることもあり、ヒノキ製材・ヒノキ集成材の生産量を合わせると、同社は全国第1位
- 2 ラミナの製造は、木取り図の作成から切削加工までフルオートメーション。ラミナ製造棟のスタッフはたった2人。徹底した省力化が図られている
- 3 主に4mの丸太からラミナを切り出していく。1分間当たり15本程度の丸太を加工することが可能
- 4 CLTのラミナは同社で製造している集成材と同じ厚さ30mm、幅120mmを利用。天然乾燥と人工乾燥を行った後に、機械等級区分で分別されたラミナとしての全数検査を行う。まずは含水率検査。15%以下が基準で、15%以上のものは再度人工乾燥工程に送られる
- 5 含水率検査の次に行うのが強度検査。ラミナ専用のグレーディングマシンを用いて、たわみ量と発生する反力からヤング係数を算出する
- 6 強度(ヤング係数)はラミナによって異なる。JAS規格に応じたCLTや集成材をつくるため、ここでは曲げヤング係数に応じて側面を色分け(黒・緑など)して分類



- 7 繊維方向が直交するようにラミナを積層するCLT。実際の工程では、敷き並べたラミナどうしを正確に位置合わせしたうえで重ね合わせる。CLT製造棟では、CLT発祥の地である欧州で量産実績のある製造装置を使用しており、±0.2mm以下の高い寸法精度を実現している
- 8 ラミナどうしを接合するのは接着剤。同社では主に屋内使用の目的に適合する水性高分子イソシアネート系樹脂の接着剤を用いている
- 9 ラミナどうしを積層。積層数は3~9。必要な層数に応じて積層・接着を繰り返す
- 10 接着剤でラミナを張り合わせた後は、約1時間程度の時間をかけて圧着を行う
- 11 完成したCLT(スギ)のマザーボード。写真にあるCLTは長さは12m。1枚当たりの重量は5層(150mm厚)のもので約2.7tにも達するという。保管の際は、プレカット(接合部や設備配管貫通孔の加工)前にたわまないように、厘木の上に重ねておく



サイプレス・スナダヤ 砂田和之社長。
「CLTの量産はスタートしたばかり。今後は、設計者・施工者の方々とともに、さらなる用途の拡大を模索していきたいと考えています。ご興味のある方は、工場見学も対応いたしますので、お気軽にお声かけください」

JAS 構造材工場探訪。

The Factory of Timber Frame

枠組壁工法（2×4）で用いられる構造材（ディメンションランバー）といえば、北米産のSPFなどの輸入材が主流。しかし、最近では国産材の流通も本格化しつつある。2013年に設立された、さつまファインウッドでは、スギを用いたJAS規格対応のディメンションランバーの量産に力を入れており、ハウスメーカーでの採用も増えている。今回はその製造工程を追う。

取材協力Ⅱ（株）さつまファインウッド 企画協力Ⅱ（社）全国木材組合連合会 写真Ⅱ嶋井紀博



- 1 さつまファインウッドの工場では、製材所から入手したスギのラミナを2×4材・2×6材に加工している。スギはオビスギが主力。心材部分に精油という成分が含まれ、シロアリに強いのが特徴
- 2 ラミナは2~3カ月かけて自然乾燥されるため、棧積み棟にて棧木をラミナに挟み込む作業を行う。写真は2×4材の棧積みを行っている様子。現在は、24mm厚の棧木を使用しているが、風通しの改善による生産効率の向上を目的として、36mm厚への変更を検討している
- 3 棧積みされたラミナは、敷地内の風通しのよい場所に配置される。スギは含水率が100%を超えるものが多く、乾燥が難しい樹種。人工乾燥で一気に含水率を下げると、反りや内部割れなどのリスクが高まるものの、同社では自然乾燥に時間をかけて含水率を30~40%程度まで下げる。人工乾燥にかかる時間が短くなるので、ラミナへのダメージが少なくなる【※】
- 4 自然乾燥後は、5~7日間かけて人工乾燥が行われる。乾燥方法は、乾燥庫内の温度を中温乾燥と呼ばれる約80℃に設定。含水率をJAS規格で規定される19%以下に抑える
- 5 乾燥が終了したすべてのラミナに、マイクロ波を当てて含水率を測定する。基準を満たさないものは再乾燥される。同社の乾燥技術は、製品化した後の曲がりや反りが少ない

※ 精油などの成分をラミナのなかに閉じ込めることができ、いい香りが残る（ストレス抑制などのリラクゼーション効果もある）

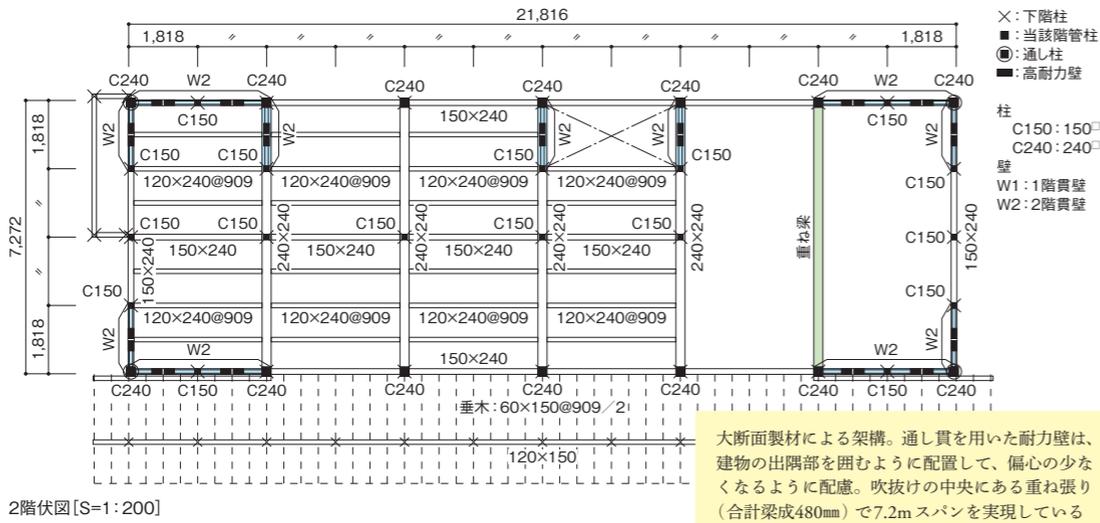
- 6 含水率検査で合格したラミナは、表面の凹凸やゆがみなどを除去するためのモルダー加工が行われ、所定の寸法（幅・厚さ・長さ）に整えられていく。寸法は赤外線を当てて全数検査
- 7 ヤング係数も全数検査。グレーディングマシンのなかで、ラミナをたわませた後の反力を計測し、ヤング係数を判定する。スギの標準的なヤング係数であるE70くらいのもが多いが、なかにはE100を超えるような高強度のものも出現する
- 8 資源を有効に活用するため、短い木材は、接着して規定の寸法に仕上げたフィンガージョイント材（たて継ぎ材）として利用。写真はラミナの木口をジグザグ状（フィンガー状）にカットする刃物。カット後に接着剤（水性ビニルウレタン系）を塗布し、2つのラミナを接合する
- 9 2×4材、2×6材にカットされたラミナは枠組壁工法構造用製材の証として表面に印字を行う。甲種枠組材2級に適合する材料は構造部材の種類を選ばずに使用できる
- 10 完成品の2×4材（左が無垢材、右がフィンガージョイント材）。自然乾燥を丁寧に行っているため、不自然な色の変化が少なく、表面の見た目がきれい。長さはいずれも2,000~4,000mmに対応（フィンガージョイント材は6,000mmまで）



「当社の製品は、寸法安定性には絶対の自信があります。実際に、壁パネルの工場や現場からは、仕分けや調整などの手間がかからず、ランニングコストを抑えられる、との評価をいただいています」（取締役工場長 寺園誠氏）



「国産材の活用において、ディメンションランバーに可能性を感じています。現在は主に住宅向けですが、非住宅向けも見据え、2×10材の量産に向けた準備も進めています（経営企画推進室 係長 新村和也氏）」



Material

大径材はそのままカットして大断面の製材に



- 3 原木は皮むき加工された後、木取りの工程へと移る。木造住宅用の小断面製材では、生産効率を重視してツインバンドソーの製材機が用いられるが、大断面製材では、昔ながらのシングルバンドソーの製材機が用いられる。原木の有効活用や耐蟻性を考慮して、芯持ち材として木取りを行う
- 4 シングルバンドソーの製材機では、台車に乗せた丸太をオペレーターとともに、縦方向に取り付けられた刃物に向かって移動。丸太の断面を所定の寸法に合わせて1辺づつカットしていく
- 5 木取り後の製材（平角材）

- 1 「荒川木材店道作工場事務所」は240mm角および長さ7,000mmのスギ製材を重ね梁として7.2mスパンを実現。通し貫を用いた耐力壁もスギ製材。柱・梁・耐力壁ともに表面を白く塗装しているの、上品に感じられる
- 2 スギの原木（丸太）は、近隣の原木市場から調達され、丸太のサイズなどごとに選別される。福島県で生産される写真のようなスギは、日照のよさや水資源の豊かさから、ほかの地域に比べて成長がよく、樹齢50〜60年の原木になると、直径が50cm超にも達する



「荒川木材店道作工場事務所」は、福島県いわき市で製材業を営む材木店の事務所である。木造2階建てで、梁間約7.2m×桁行約22mの羊羹型の形状。柱・梁・耐力壁に、地元で生産されたスギの大断面製材（無垢材）を用い、そのすべてをインテリアの要素として活用しているのが大きな魅力である。大断面製材は、いずれも、ヤング係数と含水率が明確に表示された機械等級区分構造用製材（JAS製材）である。

設計のポイントは大きく分けて2つある。1つ目は、通し貫状の耐力壁を製作したことで、150mm角もしくは240mm角の柱に、90×270mmの通し貫を600×700mmピッチで貫通させ、壁倍率8.7相当の超高耐力を実現しつつ、空間の開放性や視線の透過性を確保した。

2つ目は7.2mスパンを実現したこと。成240mmの大断面製材を上下に重ね合わせて、構造用ビスで縫い合わせた重ね梁とし、製材では難しいとされる6m超の大スパンを実現している。

木造の大空間では、耐力要素として、構造用合板やベイマツなどの輸入材、集成材を複合的に組み合わせることで成立させるのが一般的であるが、「荒川木材店道作工場事務所」で用いられているのは、丸太からそのまま切り出した製材のみ。人工林の大径材が進むなか、中大規模建築物において、製材が1つの選択肢になる可能性を示唆する建物といえるだろう。

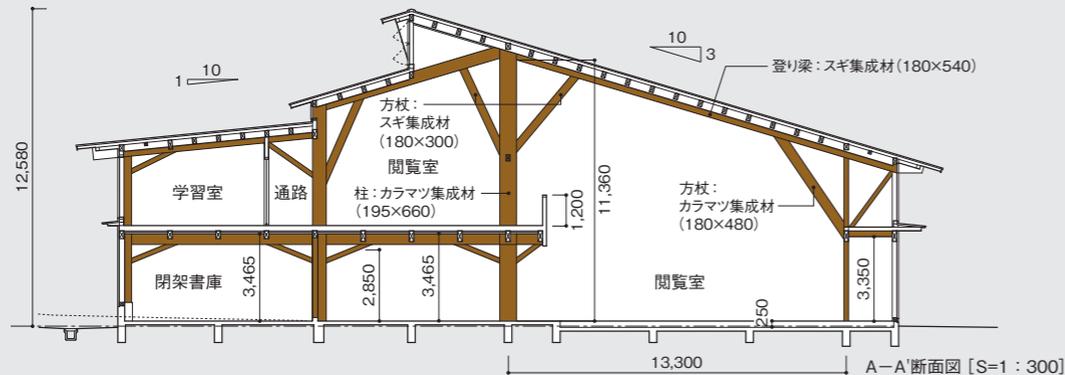
JAS 構造材建物探訪
The Building of Timber Frame

スギやヒノキの人工林は本格的な利用期を迎えており、高齢化も進んでいる。大径材を大断面製材（無垢材）として利用する土壌が整いつつある。ただし、非住宅の木造建築では、品質の確かな大断面製材が必要不可欠。今回は、スギ大断面製材のJAS製材（機械等級区分構造用製材）を柱・梁・耐力壁に用いた「荒川木材店道作工場事務所」（設計：楡山延雄+まちづくり工房 構造設計：山田憲明 構造設計事務所）を紹介する。

取材協力：荒川木材店道作工場事務所 企画協力：（社）全国木材組合連合会 写真：渡辺慎一

Structure

燃えしろ設計による準耐火建築物



Material

品質の高い愛媛県産のスギ・ヒノキ



スギ

スギ丸太の断面。ヒノキと比較すると、丸太の中央部が赤っぽく、木目もはっきりしている。軟らかくて、梁などに使用する大きな断面の製材が得やすい。全国的にスギのヤング係数はE70が標準的だが、E90を超えるものも、20%超の確率で出現する

写真=平家康剛



ヒノキ

ヒノキ丸太の断面。スギと比較すると、丸太の中央部まで白っぽく、木目もはっきりしていない。硬くて高級感があるのも特徴。全国的にヒノキのヤング係数はE90が標準的だが、E110を超えるものの出現割合も多い

写真=平家康剛



JAS 構造材建物探訪

The Building of Timber Frame

13.3mの大スパンを実現した、天井の高い吹抜け (最高天井高11.360mm) の閲覧室。使用する木材量を抑えながら、適切に鉛直荷重を支えるため、方杖構造を採用。閲覧室の本棚は、西子市産のスギを集成材・練り付け材として加工したものを使用



左) コミュニティ棟の廊下。柱と梁はスギ (機械等級区分構造用製材)。右側に見えるのは耐力壁を兼ねるスギのCLT。床材は西子市産のスギを使用。ただし、スギは柔らかくて傷が付きやすいため、スギを圧密加工して硬くし、多くの人が土足で歩行しても傷が付きにくいようにしている

右) 愛媛県産のスギ製材について、機械等級区分構造用製材とするため、打撃試験によるヤング係数を測定している様子。製材所は宇和国産材加工協同組合

図書館は特殊建築物であり、階数や規模によっては耐火建築物にしなければならない。しかし、耐火建築物では、燃えしろ設計が認められていないため、構造材をそのまま現しにしたデザインは実現できない。ならば、準耐火建築物で計画する方法を探るしかない。

「まなびあん」(愛媛県西予市) では、延べ面積が1,000㎡を超えると面積区画[*]が必要となるので、エクステンションジョイント (EXP.J) を用いた分棟形式とし、図書館棟では、燃えしろ設計による45分準耐火建築物を計画した。準耐火建築物にすれば、設計の自由度が上がり、木のよさを最大限に生かした建築が可能になる。

ただし、燃えしろ設計に対応するには、JAS構造材(製材・集成材)でなくてはならない(45分準耐火建築物の場合、燃えし

ろ寸法は製材では45mm、集成材では30mm)。JAS規格に認定されていない無等級材では燃えしろ設計が認められないので、目視等級区分構造用製材か機械等級区分構造用製材 (JAS製材) のいずれかを調達する必要がある。

「まなびあん」では、愛媛県産のスギを主な材料としながら、13.3mの大スパンを実現した吹抜けの閲覧室などで、強度の必要な部位については、スギよりも強度の高い、愛媛県産のヒノキなどを適材適所で組み合わせ、構造を成立させた。

耐力壁に、スギのCLT (Cross Laminated Timber) を採用した点も興味深い。分厚いCLTは、強度はもちろん、無垢材と同等の質感をもつ。仕上げ材を別途張る手間も省けるので、中・大規模木造建築物の構造材・仕上げ材として重宝するだろう。

* 主要構造部を耐火建築物 (または準耐火建築物) としたものは、1,500㎡以内ごとに、床・壁は準耐火構造 (1時間以上)、開口部は特定防火設備で区画しなければならない

