

地域材を用いた学校建築の木質化に関する研究

主査 瀧野 敦夫*¹

委員 稲地 秀介*², 室崎 千重*³, 佐野 亮*⁴

「製材利用から考える小さな林業の推進」

林業の不振、国産木材の販売低迷、これらに伴い林業就業者数の減少など、林業や木材利用をとりまく様々な課題は山積みである。近年では、CLT の活用も含めて非住宅の中大規模木造建築物の建設にも注目が集まり、全国的にも林業や木材生産の効率化・大規模化が進められようとしている。一方で、奈良県のように CLT 工場がなく、吉野林業のような伝統的な木材産地ではこのような大規模集約化の流れには乗り切れず、どのように地域材を有効活用していくかは課題の一つである。そこで、筆者らは、化粧材だけでなく柱や梁といった住宅用製材を利用することを目的に、学校建築の木質化を図ることを解決策の一つとして提案した。

キーワード：1) 林業, 2) 木材利用, 3) 学校建築, 4) 製材, 5) 木質化

STUDY ON WOOD RENOVATION OF SCHOOL BUILDINGS USING LOCAL TIMBER

Ch. Atsuo Takino

Mem. Shusuke Inachi, Chie Murosaki, Ryo Sano

Promoting a small forestry industry based on the use of lumber.

Various issues surrounding the forestry industry and timber utilization are piling up, including the slumping forestry industry, sluggish sales of domestically produced timber, and the resulting decline in the number of forestry workers. In recent years, attention has focused on the construction of medium- and large-scale non-residential wooden buildings, including the use of CLTs, and nationwide efforts are being made to increase the efficiency and scale of forestry and lumber production. On the other hand, traditional timber production areas such as Yoshino Forestry, where there are no CLT factories as in Nara Prefecture, have been unable to take advantage of this trend toward large-scale intensification, and how to effectively utilize local timber is one of the issues to be addressed. Therefore, the authors proposed as one of the solutions to this problem the conversion of school buildings to wood, with the aim of using not only decorative lumber but also residential lumber such as columns and beams.

1. はじめに

日本の国産木材の販売低迷、ならびに林業の不振が叫ばれて既に久しい。また、林業の不振により山村地域の過疎化も進み、若年層の林業就業者の低下、林業就業者の高齢化が進み、当然のことながら就業者の数も減少傾向にあることは明らかである。このような状況が生じた原因はいくつか挙げられるが、代表的なものとして安価で大径の外材が大量輸入されたことや和風木造住宅が激減していることなどがあり、それにより国産木材の価格が低下し、生産コストに見合う収益が見込めず、林業生

産活動が衰退するという悪循環となっている。近年では「脱炭素社会の実現に資する等の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（改正前：公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律）」¹⁾が施行され、可能な限り建築物には木材を利用するように推奨されているものの、一般製材（良材：いわゆる A 材）を柱や梁といった構造材に利用することは少なく、集成材や CLT を利用した新工法による木造建築物や、仕上げ材など化粧材としての利用が多いのが実状である。また、木材を用いた日用雑貨、什器類などへ応用した事例も増え

*¹大阪工業大学, *²摂南大学, *³奈良女子大学, *⁴安井建築設計事務所

つつある。このような使い方も解決策の一つではあるが、一方で成長した木材を有効活用するため、そして健全な森林育成を目指すためには、薄く加工した板材だけでなく、これまで住宅の柱や梁などで用いていたような一般製材を使うことも必要であると考え。そのためには、木の特性を活かした和風の木造住宅を増やすことが一番の問題解決に繋がるが、少子高齢化が進み、大量の既存ストック（いわゆる空き家問題もこの一つ）を抱えつつも都市部ではマンション建設の止まない状況を考えると、和風木造住宅がこれから激増するとは考え難く、新たな用途の考案が望まれることは明らかである。

そこで筆者らは、学校施設の木質化を図ることを解決策の一つとして提案する。小中学校から高校、大学まで既存の学校建築はそのほとんどが鉄筋コンクリート構造であり、画一的な仕様による教室のほとんどはどの施設でも大きな違いが見られない。最近ではこのような学校建築を木造で建設することも推奨されており、3階建ての木造校舎の建築に関する手引き書²⁾が文部科学省から提案されているものの、今の時代に耐震改修の済んだ既存の建物を新たに建て替えることが次々に進むということは考え難い。そこで、既存の鉄筋コンクリート構造の躯体はそのままとし、内部空間に木造の軸組構造を内挿させることにより、学校建築の木質化を図ることを考えた。最近の学校建築では耐震補強工事も進んでいるため、建物自体の強度や安全性は既存の鉄筋コンクリート構造で担保でき、内部空間のみを木造で新たに作ることは構造的には非常に負荷が小さく（学校の教室は内装制限がかからないことも木材利用では重要）、自由度の高い骨組架構を構築することができると考えられる。なお、本研究では単に化粧材を貼り付けるだけでなく、間仕切り壁や天井などを一体的に木軸架構により再構築するとともに、小中学校では子供達の荷物入れの棚や壁面、学習机なども一体的に木質化することにより居住空間を充実させ、子供達の教育環境にも良い影響を与えると期待できる。さらに、単に板材を貼り付けるだけでなく、柱や梁といった骨組を設けることで、木材本来の存在感を子供達に実感してもらい、木材を身近に感じるとともにこのような木材の由来や林業の成り立ち、植林から製材、大工仕事など様々な産業に関心を持たせ、理解を深めることを意図している。

本研究では、奈良県の吉野町や十津川村を対象に、林業の現況や木材利用に関するヒアリングを行うとともに、近年の木造建築や木質化された事例等について調査を行い、学校建築、特に多感な時期を過ごす小学校を木質化していくことについて、検証した。

2. 木材利用を取り巻く現状について

2.1 森林蓄積量と木材供給量

図 2-1 は全国の森林蓄積量の推移³⁾である。全国的に木材自給率が増えつつあるものの、近年では 40%程度で推移しつつあり（図 2-2）、全体的な木材供給量が大幅に改善されていないことから、森林蓄積量は特に針葉樹林において増加傾向にあることがわかる。木材供給量では、建築用材等へ使われる丸太の供給量が過去に比べて大幅に減少しているが（図 2-3）、平成 20 年前後から徐々に持ち直しているものの、その量は昔に比べてまだかなり少ないことがわかる。また、燃料材については家庭用燃料が電気やガスに置き換わったことから全体に占める割合は非常に小さくなったものの、近年ではバイオマス発電に伴い増加傾向を示している。

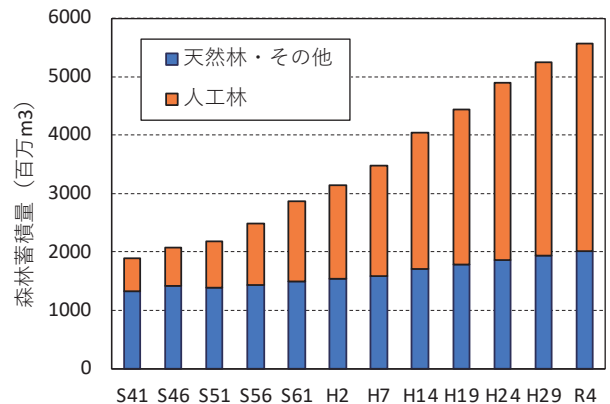


図 2-1 森林蓄積量の推移

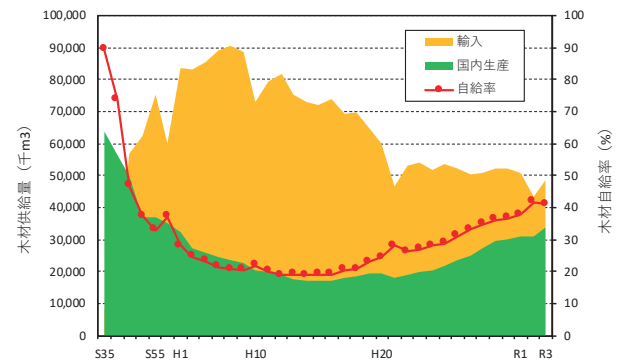


図 2-2 木材供給量と自給率の推移

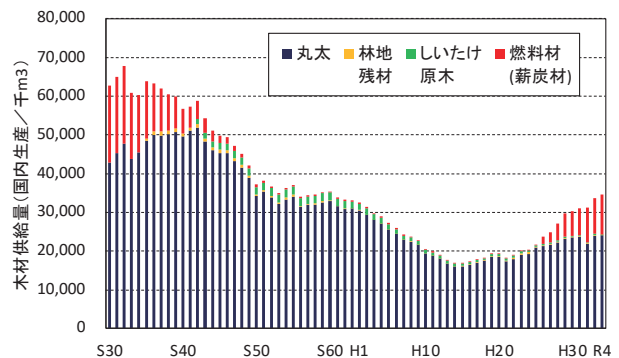


図 2-3 国内生産の木材供給量の推移

2.2 人工林年齢別蓄積量

令和4年時点での人工林の年齢別森林面積量⁴⁾を図2-4に示す。全国の人工林蓄積量は、戦後に植えられた10～13歳級の木材が非常に多く、またこの年齢級の木材が通常の住宅用製材に用いられてきたものであるが、近年では需要減少からこれらの年齢級の木材の伐採量が減少し、徐々にピークが高年齢級化しているとも言われている。また、供給量の減少に伴い、皆伐面積が減少し、必然的に新たな植林も減少していると言われている。植林が進まないことにより低年齢級の蓄積量が非常に少ないことが林業全体の大きな課題の一つと言える。なお、近年では鹿などによる獣害が深刻化しており、植林後の若い木の育成コストと手間が増えていることも、植林が進みにくい原因とも言われ、課題となっている。また、吉野林業では山守制度などによって全国的に見ても比較的健全な林業経営がなされていると言われているものの、一方で中大径木が中心となってきた森林において、木材の搬出はそのほとんどが間伐によるものであり、皆伐がなされることは珍しい。そのため、植林が他地域よりも進んでおらず、植林に向けた皆伐をどのように進めていくかも、現地での課題と捉えている。

2.3 住宅着工数・産業用建築物着工数

木材供給量低下の要因の一つとして、住宅着工数の減少が考えられる。図2-5に新築住宅の着工数の推移⁵⁾を示す。住宅着工数全体では大きく減少しているものの、近年の木造の新築住宅着工数は50万戸前後で推移しており、全体で見た木造率は増加傾向にある。とはいえ、今後の少子高齢化や空き家問題等を鑑みると、今後の木造住宅の着工数が激増するとは考えがたく、供給量が大きく改善することはないと思われる。

そこで、注目すべきこととして、近年の非住宅木造建築物の建設である。図2-6は産業用建築物着工数の推移であるが、低層の木造建築物を中心に一定数の木造建築物が増えつつあり、近年では中層木造建築物の建設事例も目にする機会が増えてきた。直近3年間で新建築に掲載されている情報から木材使用量がわかるものを調べてみると、木材使用量は延床面積あたり0.3～0.5m³程度であることがわかり、延床面積3千m²の建物で900～1,500m³程度、延床面積5千m²の建物で1,500～2,500m³程度の木材を使っていることがわかる。これらの数値は実際の木材使用量であるため、森林面積と比較するために歩留まりを40%で仮定すると、上記の大きさの建物で2,250m³～6,250m³程度の木材を供給することに繋がる。人工林の蓄積量は図2-1から増加傾向にあり、その差分から近年の木材供給量である年間2～3千万m³程度(図2-3)を差し引いたとしても森林の増加分だけで非常に多くの材積が毎年増えており、非住宅木造建築物を建設す

るために必要な資源は十分であることがわかる。

2.4 林業就業者数

図2-7に林業就業者の推移と高齢化率⁶⁾を示す。林業就業者数は年々減少傾向にあり、近年では5万人を下回る数となり、高齢化率も25%を超える状況である。この状況については既に林野庁も対策に乗り出しており、平成15年から開始した「緑の雇用事業」をきっかけに若者の新規就業者が若干増加傾向にあるものの、全体の数としては非常に少なく、課題は山積しているといえる。

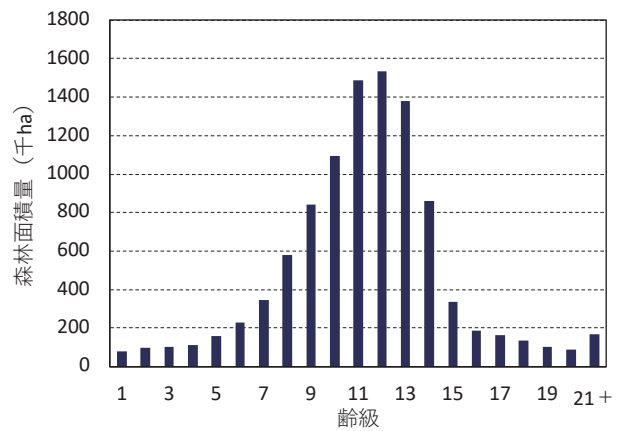


図2-4 人工林の年齢別森林面積量（令和4年）

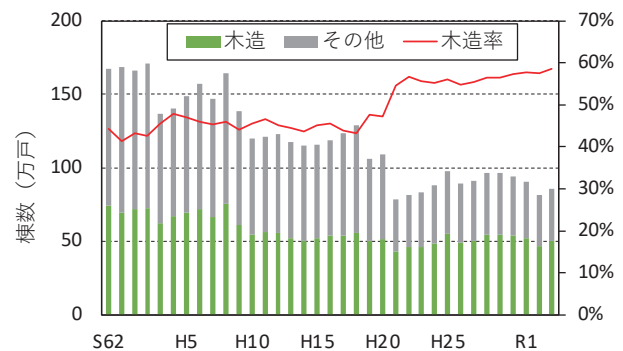


図2-5 新築住宅着工数の推移

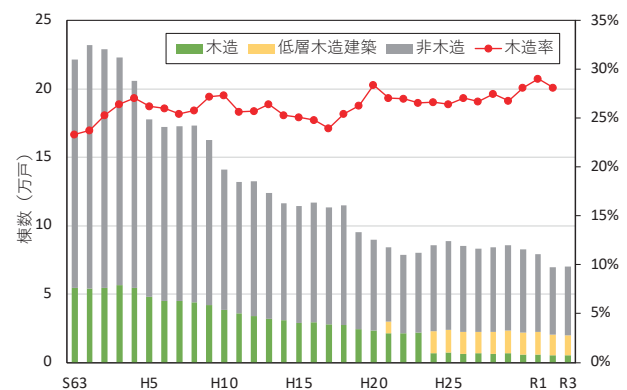


図2-6 産業用建築物新築着工数の推移

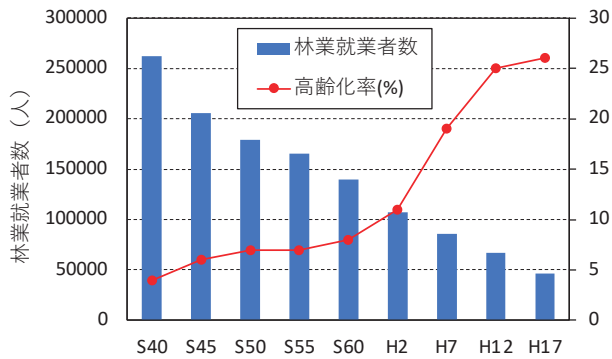


図 2-7 林業就業者数の推移

2.5 まとめ

以上のような状況を踏まえると、山には大量の資源を抱えている状況の中で、年々木材供給量は減りつつも近年注目を集めている非住宅木造建築物の建設により、木材使用量はやや増加傾向になることが期待できるが、全体のボリューム感をみると、現時点では大きな改善に繋がることは期待しづらい。また、非住宅木造建築物のような規模の大きい木造建築物を大量に展開するためには、林業や製造工程などの効率化による大規模化が必然であるといえるが、林道の整備の遅れやそもそもの林業就業者数の減少によって、大規模化するためにも人手が不足するという状況にあることがわかる。また、本章では全国のデータから考察を試みたが、筆者らが注目する奈良県ではCLT工場がなく、比較的中小の製造工場が多いことから、効率化・大規模生産が唯一の現状解決の策とは考えがたく、これまでのような小規模な林業、生産体制の延長上で何らかの解決策を考えることが重要であるといえる。

3. 奈良県の林業について

3.1 吉野町

吉野町は昔から1haあたり1万~1.2万本程度を植林する密植多間伐でスギやヒノキの人工林を育ててきており、100年以上もの大径木を育てながら神社仏閣などにも使える建築用材を搬出しているのが大きい特徴である。密植により育てられることで、非常に目の細かい木材が育ち、江戸時代には酒樽として非常に重宝されたが、プラスチック容器などの台頭により、徐々にこれらの需要も減少してきた。しかし、近年、このような伝統的な手法の見直しにより、吉野杉を用いた酒樽や醤油を製造する木桶を復活させる活動も見られ始め、改めて吉野林業を見直す活動が若い人を中心に行われている。

吉野林業は密植多間伐が特徴と述べたが、裏を返すと皆伐が行われにくく、それにより植林があまり行われておらず、次の世代へと繋ぐ新しい木材の育成が課題とされている。小規模森林所有者が非常に多い状況の中、

林道の整備を行うための許可を得ることも難しく、今もなおヘリコプターを用いた集材が行われている状況から、皆伐が次々に進み、効率的な大規模林業へと変わることはあまり考えられない状況である。吉野町では小規模な製材所なども多く、それが逆に規格材に頼らないハンドメイドのオーダー製品に対応できるという強みも持っており、少量多品種を生産していくような林業や木材利用の在り方が適しているように思われる。

3.2 十津川村

十津川村も吉野町と同じく小規模な林家による民有林が非常に多く、そのうちのほとんどが人工林で、主にスギとヒノキを生育している。昭和38年頃には林業従事者が村内人口の15%程度もおり、年間25万m³もの木材を搬出するほど林業が盛んであったが、平成22年には1/20近くにも林業従事者が減少し、素材生産量も1/100ほどに落ち込むほど林業の衰退が著しかったようである。このような背景から村が中心となり十津川式林業6次産業化というコンセプトにより林業復興へ力を注ぎ始め、徐々に素材生産量を回復させてきている。これに伴い林業用の路網整備も進み始め、少しずつ林業を取り巻く状況が改善してきたようである（現在では年間1.5万m³程度の搬出量まで復活している）。また、丸太素材のほとんどが村外で加工されていたことから、村内建物の公共建築物へ十津川村産木材を多用する動きが活発化しており、仮設住宅や復興住宅、統廃合の進む小学校や中学校の整備（図3-1）にも村内木材を活用している。また、現在も災害対策本部拠点施設を村役場前に建設中（図3-2）であり、村内の製材工場で生産された木材を使った非住宅の木造建築物へ応用することを試みている。



図 3-1 十津川村内にある木造学校



図 3-2 建設途中の災害対策本部拠点施設

4. 学校建築の木質化

4.1 試作品の製作および試設計

3 章までの検討を踏まえ、学校建築の木質化の事例について、まずは試作品の製作を実施し、考察した。対象は、大阪工業大学の大宮キャンパスにある研究室1と八幡工学実験場にある研究室2の2室とした。研究室1は、比較的小さな部屋であるため、木製の棚を中心に室内の木質化を試みた。材料は、棚には吉野町産のヒノキ材を用い、フローリング材には同じく吉野町産のスギ材（ハードコーティング加工あり）を用いた（図 4-1）。なお、フローリング材の下地として構造用合板を敷き、フローリング材を合板に留めつけて安定化させている（図 4-2）。元々の居室は、一般的な鉄筋コンクリート造の研究室であったが、既存のスチール棚も一部再利用する中で、簡単に雰囲気を変えることができることも大きな利点と考えている。今回の製作においては直交する部材は相欠きにより接合するとともに柱部材に対してはビスを用いて留めつけた。ビスを用いる利点は素人によるDIYの延長によって製作できることである。棚などの什器類を自由に可変、修繕できることは、親を交えたイベントも含めて小学校でのイベント（例えば廊下の雑巾掛けのように）の一環として実施できる。また、実際の工事はプロの大工によるものとし、ビスの代わりに込み栓を用いた接合にすることを想定している。さらに、天井には左右の棚の倒れ留めとして梁を用いている。今回の試作では天井を剥がすことはしなかったが、実際の教室では格子天井のように一体的にデザインすることも可能である。

一方、研究室2の方は比較的天井も高い部屋であったため（図 4-3）、実際の小学校等の教室をイメージしながら木造の軸組を部屋内に挿入することを想定して検証した（図 4-4）。材料は、吉野町産材のスギを用いた。この材料は柱と梁材を取り出すために、原木市場での購入にも立ち会い、そこから製材の流れを実際に確認しながら製作を行った（図 4-5）。柱を90×90mm角の芯持ち材と

して、梁を30×90mmの2枚合わせとする構造とした。90×90mmを基本にして、これを三ツ割にした材料を組み合わせることで、原木からの木取りを意識した構造システムとしている。また、梁を2枚合わせにすることで、2枚の間にできた隙間（30mm間隔）をうまく使えばスライド式の建具やカーテン、ロールスクリーン等を自由に配置することができる。さらに、近年、発達障害や知的障害といった障害を持つ人が、外部の音や視線を遮断して気持ちを落ち着かせるスペースとして、カムダウン・クールダウンスペースというものが注目され始めている。中部国際空港に実際に設置されているものは木材を用いて作られており⁷⁾、木材の持つ癒し効果を期待したものと考えられる。このようなスペースはこれから小中学校にも増えていくと考えられる。少子化により学校内の空き教室が増えてくれば、その部屋を活用することも考えられる一方で、必ずしも十分なスペースがない時に、カーテン等を用いて一時的に有効なスペースを確保できることは重要と考える。今回試作したような木造軸組を挿入することで、普段は開放的に用いつつ、容易に半個室化させることができることは大きな利点になると考える。



図 4-1 研究室1の木質化

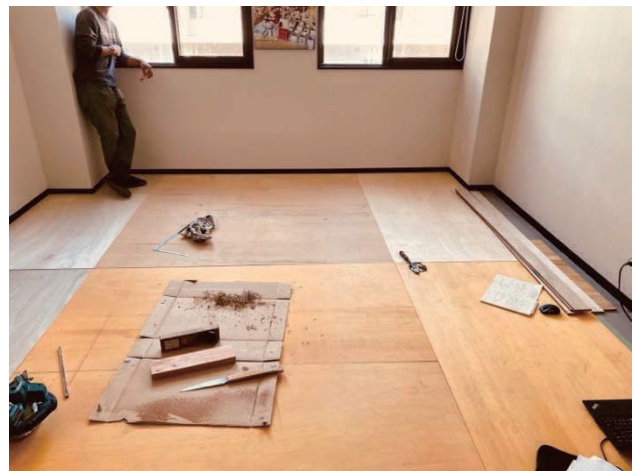


図 4-2 下地として敷き詰めた構造用合板



図 4-3 改修前の研究室 2



図 4-4 改修後の研究室 2



図 4-5 吉野での原木の製材の様子

伝統構法を得意とする大工へヒアリングした際に、実際の施工事例を紹介いただき、その建物で用いた柱材が100mm角であったことについて質問すると、原材料の調達の際にあった丸太が一般的に使われる105mm角の柱材を取るには少し小さい丸太の山であったようで、そのまま廃棄される予定であったところを大工が話を聞いて、100mm角で使っても問題がないことを確認して実際の施工にたどり着いたという話を伺った。些細なことではあるものの、このようなことは重要であると考えており、効率化・大規模化では規格材を用いることが前提となるが、吉野町や十津川村のように比較的小規模な生産体制では、大工と連携することで逆に細かな対応を可能にし、リノベーションのように既存建物へうまくフィットしなければならない場合には非常に有効な手段であると考えている。このような経緯も踏まえて、材料の木取りをどのようにしていくのかを、試作品にて検証した。

なお、今回の研究室2の木質化に際して、原木から取り出した材料の端材については、割り箸の製作を行った(図4-6)。割り箸の製作は吉野町の製箸所に依頼をした。本来、割り箸の材料は、今回のように建築用材を取り出した丸太から得られる端材を中心に用いていたが、近年は住宅産業の低迷によりこのような材料が安定して入手できないとのことであった。学校の木質化を考えた時に、丸太から柱材や梁材、化粧用の板材を取り出し、さらに端材から割り箸を製作してそれを学校の給食などで使うことができれば、林業から木材利用までの木育にも大きく貢献できるものと考えられる。



図 4-6 端材で製作した割り箸

以上を踏まえ、小学校の教室を木質化した試設計を図4-7に示す。教室の中央付近に視線を遮る柱を立てることはできないため、前後左右の棚や黒板を囲むように柱を立てた。廊下側の柱スペースにはベンチを設けているが、普段はベンチとして利用しつつ、このスペースをカムダウン・クールダウンスペースとして併用できると考えている。例えばカーテンを設置しておけば、日常使いと急な場面での使い分けも容易に行うことができる。



図 4-7 木質化の試設計

4.2 学校木質化の事例

実際の小学校を木質化した事例として、兵庫県香美町にある香美町立村岡小学校を視察した(図 4-8~図 4-12)。村岡小学校は、兵庫県の山間部に存在する学校で、幼稚園を併設している。周囲は山に囲まれた林業の盛んな地域であり、地場産材を用いた改修事例である。なお、既存の鉄筋コンクリート造の建物を木質化するとともに、隣接する場所に一部木造棟を新築している。設計は、株式会社現代計画研究所である。鉄筋コンクリート造の建物は地上3階建てで、新築棟と合わせると合計で約4千㎡の建物である。各教室の壁面や床を木質化するとともに、後方の棚も一体的に木質化している。また、特筆すべきは廊下との間仕切り壁であり、木造軸組を内挿したような壁面を設計している。また、この壁面では柱を2、3列並べるような配置としており、それによって生まれたスペースをベンチや物置スペースにうまく利用している。床面や壁面に板材を貼り付けるだけでなく、ボリュームのある製材をうまく活用した事例であり、筆者らの目指すものの一つの形である。

また、神奈川県小田原市では、「学校木の空間づくり事業」と題して、地域産木材の利用拡大を意図した学校施設の内部木質改修⁸⁾を実施しており、その成果をホームページにて公開している。既にいくつかの小学校が木質化されているが、各年度に1校ずつの改修を進めている点も注目すべきである。これまで述べてきたように、林業就業者数の減少に伴い、ウッドショックのような急激な需要増への対応は困難であるため、集成材やCLTといった大規模木質材料の製造のみを目指すのではなく、小

規模な木材利用として、このような学校建築の木質化を目指すことも課題解決のための一つの案として重要であると考えている。



図 4-8 村岡小学校の教室



図 4-9 村岡小学校の間仕切り壁

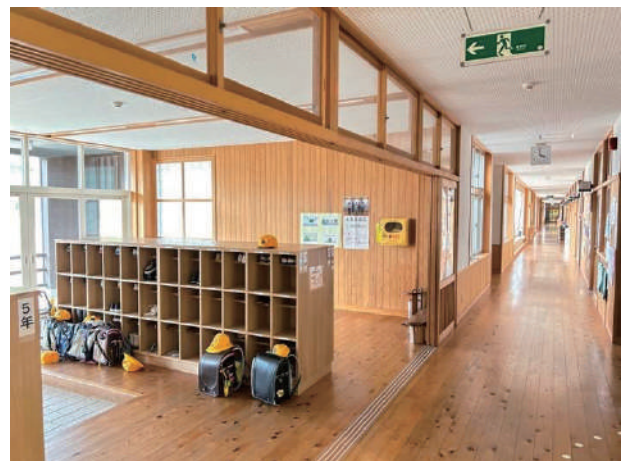


図 4-10 エントランスホール



図 4-11 体育館の木質化



図 4-12 新築棟のホール

5. まとめ

林業の不振、国産木材の販売低迷、これらに伴い林業就業者数の減少など、林業や木材利用をとりまく様々な課題は山積みであり、林野庁が中心となり種々の解決策が講じられつつある。近年では、CLT の活用も含めて非住宅の中大規模木造建築物の建設にも注目が集まり、全国的にも林業や木材生産の効率化・大規模化が進められようとしている。一方で、奈良県のように CLT 工場がなく、吉野林業のような伝統的な木材産地ではこのような大規模集約化の流れには乗り切れず、どのように地域材を有効活用していくかは課題の一つである。近年では「脱炭素社会の実現に資する等の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」によって可能な限り建築物には木材を利用するように推奨されているものの、従来、住宅用材として使われてきた柱、梁材のような一般製材を利用することは少なく、集成材や CLT、仕上げ材など化粧材としての利用が多いのが実状である。しかし、中大規模木造建築物が今以上に建設されていくとしても、現状の森林蓄積量の増加量を賅うほどの棟数を毎年期待

することは難しい上に、現在の林業就業者数や生産体制ではウッドショックのような急激な需要増には対応できないことがわかる。そこで、筆者らは、小規模な林業や木材利用として、学校建築の木質化を図ることを解決策の一つとして提案した。小中学校のように既存の学校建築はそのほとんどが鉄筋コンクリート造の建物であり、画一的な仕様による教室のほとんどはどの施設でも大きな違いが見られない。そのため、これらの建物を木質化改修することは、一つの建物への適用をクリアすれば他の建物への波及効果は高く、また学校ごとに年度計画を考えれば需要量を毎年コントロールすることが容易である。また、これらの改修に大工が関与することで、少しずつ異なる建物に対して、細かな対応も可能となり、地域材を利用することによりうまくマッチングすると期待できる。実際に、兵庫県香美町にある村岡小学校では既存の鉄筋コンクリート造の建物木質改修が行われており、板材だけでなく柱材のような製材品をうまく活用している。また、神奈川県小田原市では毎年 1 件ずつ地域産木材を利用した学校施設の内部木質改修を実施しており、筆者らが提唱する学校建築の木質化が現実的に実行可能であることを証明している。今後、このような事例が増え、自治体での理解が進めば、木材生産地である山間部の学校だけでなく、都市部の学校建築への木材利用が進んでいくことが期待できる。

<謝辞>

本研究を実施するにあたり、奈良県奈良の木ブランド課の堀恵未香氏、植松誠之氏、松村佳奈氏、吉野町長中井章太氏、吉野中央木材石橋輝一氏、十津川村農林課の馬場健一氏、NP 法人サウンドウッズの安田哲也氏を始め、様々な方々にお世話になりました。ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 林野庁 HP : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/>
- 2) 木の学校づくり その構想からメンテナンスまで (改訂版)、文部科学省、平成 31 年 3 月
- 3) 農林水産省：木材統計
- 4) 林野庁：森林資源現況調査
- 5) 国土交通省：建築着工統計調査
- 6) 総務省：国勢調査
- 7) centrair HP : <https://www.centrair.jp/index.html>
- 8) 小田原市の学校木の空間づくり事業 : <https://www.city.odawara.kanagawa.jp/field/industry/agricult/forest/wood/p31577.html>