[木材学会誌 Vol. 61, No. 3, p. 174-177 (2015)]

建築用耐火木材の開発と展望^{*1}服部順昭^{*2}Development of Fire-proof Wooden Architectural Members
and Their Prospect^{*1}Nobuaki HATTORI^{*2}

In order to utilize planted forests that cover 27% of the county, it would be effective to replace non-wood buildings with wood ones, because there is little expectation for an increase in new detached wood houses in the near future. As many steel and reinforced concrete buildings are usually built in fire-prevention areas, it is required to develop fire-proof or quasi-fire-proof structural glulam meeting the Building Standards Law for wood buildings in fire-prevention areas. Recently, there has been an increase in research on development of fire-resistive structural glulam thanks to the high target of self-sufficiency ratio for wood, and the Promotion Law to utilize wood for public buildings. Therefore basic methods to provide fire-resistive performance, classification and characteristics of the methods, examples of completed buildings, and future subjects and prospects are reviewed.

Keywords : glulam, architectural member, fire-proof.

国土面積の27%を占める人工林を活性化するには、木造住宅の需要増が今後それほど期待できないことから、これまで非木造とされてきた建物の木造化による利用拡大を図らなければならない。鉄骨造や鉄筋コンクリート造の建物は都会の防火地域や準防火地域に集中していることから、それらの木造化には、建築基準法やその施行令に準拠する耐火部材や準耐火部材を開発しなければならない。構造用集成材への耐火性付与技術の開発が国産材の自給率向上や公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律のお陰で活発化してきたことから、ここでは耐火構造に使える木質部材への耐火性能付与の方法、断面構成による区分と特徴、それらを用いて建設された建物の実例、構造部材製造上の課題と今後の展望を概説した。

1. はじめに

わが国の人工林の生長量は、林野庁が公表している森林資源の現況¹⁾より求めると、6千4百万 m^3 となり、平成24年の国産材供給量は2千万 m^3 であった²⁾ことから、この年は生長量の1/3程度しか利用しなかったことになる。間伐などの管理・施業が

林齢に合わせて適宜行われている林地での蓄積量の増加は歓迎すべきことであるが、齢級構成が正規分布に似ていることから次の問題が顕在化する。15年後に10齢級になる森林面積は現在のその半分となり、25年後には1/4にしかない³⁾ことから、伐期適齢級の需給が拮抗または不足することと、京都議定書で言うところの吸収源も先細りになることである。この対策には、適齢級前後の森林の積極的な伐採と再造林をセットで行うこと、適齢期を過ぎた森林から不足分を補完する伐採、伐採された材の廃棄寿命が長く設定されている用途への利用である。すなわち、利用面では住宅や家具も含めた建設分野での積極利用になるが、戸建て住宅での伸びはそれ

^{*1} Received October 1, 2014; accepted October 16, 2014.

^{*2} 東京農工大学名誉教授

Corresponding author: N. Hattori (hattori@cc.tuat.ac.jp)

ほど期待できないことから、2010年に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」(木促法)に謳われる戸建て木造住宅以外の建物の木造化になる。この推進には規制の厳しい防火地域や準防火地域での木造建物の建築が効果的である。しかし、Fig. 1 のように、防火地域では延べ床面積が100 m²を超える建物や3階建て以上の建物、準防火地域では延べ床面積が1500 m²を超える建物や4階建て以上の建物は、原則として耐火建築物でなければならない。さらに、耐火建築物の主要構造部には、規模や用途により、1, 2, 3時間の耐火性能が求められる。2000年の建築基準法改正以降、木材も使えるようになったとは言え、基準をクリアした構造部材は少なく、自給率目標達成の点からは、国産材を用いた耐火建築物の開発を進めなければならない。防火地域などでの木造建築物の建築制限や耐火木材開発の歴史などについては原田が詳説している⁴⁾。

2. 耐火性付与の方法

荷重を支持する部材が鋼であれ木材であれ、熱的に弱いことから、耐火建築物とするには、その主な構造部材を耐火構造にしなければならない。それには、荷重を支持する部材への熱伝達を防ぎ、所定の加熱試験において部材温度が基準値を超過しないように断熱などの工夫を施さなければならない。これまでに開発された耐火1時間の性能規定を満たして国土交通大臣に認定された木質系の構造部材は、Fig. 2 に例示したように、荷重支持部の熱的保護の点から断面構造で見て、3通りに分けられる。すなわち、集成材被覆型 (Fig. 2 左⁵⁾) という荷重支持部であるH形鋼等の周囲に集成材を配置したもの、被覆型 (Fig. 2 右上) と呼ばれる集成材を複数枚の強化石膏ボードで被覆したもの、集成材の表面から

少し内側に入ったところに断熱性のある部材を配置した挿入型 (Fig. 2 右下^{6,7)}) である。集成材被覆型はハイブリッド型や鋼材内蔵型として知られている。挿入型には、高密度材やモルタル板と言った材料を熱的に弱い箇所に所定の間隔で配置したもの、集成材表面から少し内側に入ったところに難燃薬剤を注入したラミナを配置するものが提案されており、これからも様々な構成が開発されてくるものと思われる。挿入型は一般に消火機構で分類されることから燃え止まり型と呼ばれるが、ハイブリッド型も燃え止まりで鋼材を保護していることと名称の概念を被覆型と合わせるには、挿入型という表現の方が、英語表記でも統一が取れることから、望ましいのでここでは、この様な名称を用いる。部材毎の概要は次の通りである。

ハイブリッド集成材は、構造上は鉄骨造であるが、鉄骨を被覆している集成材が鉄骨への熱伝達を適度に防ぐ一方で、鉄骨に熱伝達することで集成材が鎮火するという双方の部材が助け合って燃え止まる部材で、木が現しで見える柱や梁であることから、この種の部材の先鞭をつけた。使える集成材の樹種はカラマツかベイマツで、ハイブリッドの由来は鋼と木材を材料的にも熱的にも組み合わせることによる。これを用いた第1号のビルは金沢に建てられた⁸⁾。

被覆型集成材は、JASに規定の構造用集成材を複数枚の強化石膏ボードで覆った部材で、外観上は木造と見えないが、使い易さとCO₂固定量が評価される物件でこれからも使われていくものと思われる。被覆は、柱・梁のみならず、壁・床・屋根にも適用できることから、在来工法のみならず枠組壁工法にも採用され、利用件数が飛躍的に伸びている。クールウッド⁹⁾という最外層の被覆材をさらに木材で覆う構造の部材が認定されたことから、木材が見

Fig. 1. Building regulation in fire prevention district.

Fig. 2. Types of fire-resistive glulam.

えないという短所は解決されたことになる。

挿入型は、製造工程が複雑で加工精度もそれなりに求められ、高価になるという短所はあるものの、CO₂固定量に加えて木材が現しで使えるという長所がある。挿入型の主な商品は燃エンウッド⁶⁾とFRウッド⁷⁾で、基本構成は荷重支持部となる一般の集成材の外側に燃え止まり部を配置し、その外側を無処理材で覆っている。特に、後者についてはスギのみで構成されていることが特徴である。

集成材被覆型、被覆型、挿入型の特徴を比べると、Table 1 のようになる。挿入型にはいくつかの構成が提案されていることや、防火地域や準防火地域で木造住宅を容易に耐火構造にするには強化石膏ボードで覆う方法が認定されていてその方法が多用されていることが分かる。このような木材を用いた耐火部材の開発が盛んになったのは木促法のお陰でもある。

3. 耐火木材の実使用

耐火木材の先行事例から外観とその内部を Fig. 3 ~5 に示した。Fig. 3 はウッドスクエアと名付けられたボラテック(株)の本社ビル¹⁰⁾で、延べ床面積約6600 m²、地上4階地下1階建て、カラマツハイブリッド集成材造で、2012年2月に埼玉県越谷市に竣工した。Fig. 4 は大阪木材仲買会館¹¹⁾で、燃エンウッドを用い、延べ床面積約1000 m²、地上3階建てで、2013年3月に大阪市西区南堀江に竣工した。Fig. 5 は野菜倶楽部 oto no ha Café で、FRウッドを用い、延べ床面積約250 m²、地上3階建てで、2013年3月に東京都文京区関口に竣工した¹²⁾。何れもスギやカラマツが現しとなっている構造材が使われており、東京カテドラルの向かいで椿山荘の隣にある oto no ha Café はコーヒーを注文することで建物内に入れるので、耐火木造建築物の現しが見学できる。

Fig. 3. Facade and interior of a glulam clad type fire-proof building (Headquarters building of Polus Tec Co. Ltd.).

Fig. 4. Facade and interior of a fire-proof wood building (Osaka Mokuzai Nakagai Kaikan).

Fig. 5. Facade and interior of a FR wood fire-proof building (YASAIKURABU oto no ha Café).

Table 1. Comparison of fire-proof structural lumber.

Type	Load supporting material	Material to stop fire	Wood legibility	Species	Number of completed buildings as of September 30, 2014
Glulam clad	Steel	Glulam and steel	Visible	Larch	3
Covered	Wood	Fire-resistant gypsum board	Invisible	according to JAS	3580
	Glulam	High-density wood	Visible	according to JAS	0
Inserted	Glulam	Mortar plate	Visible	Larch	3
	Glulam	Flame-retardant impregnated lamina	Visible	Japanese cedar	1.5
	Glulam	Compressed wood	Visible	according to JAS	0

0.5 means partial use

4. 耐火木材の展望

荷重支持部となっている集成材は、上限の260℃よりかなり低いとは言え、それなりに材温が上昇することと、燃え止まり部の集成材はかなりの高温に曝されていることから、耐熱性の高い接着剤を使う必要がある。特に2時間耐火の加熱試験では炉内が1時間加熱後に945℃に達しており、その後の1時間で1049℃に達することから、それに耐えうる集成材でなければならない。2時間耐火木材の開発も各タイプで進められており、挿入型でも技術的な目処は付いている¹³⁾。大臣認定が取れば、中高層ビルが多い防火地域で、2時間耐火が求められる下層階やエントランスにも耐火集成材が使えることになる。ただ、使えるとは言え、現しの耐火木材は自然鎮火するまでは発熱・燃焼することから、火災時の安全な避難路を確保する上で、使用量には自ずと上限があると思われる。

耐火木造建築物を実現するには、柱や梁という構造材のみならず、木質面材も必要になる。これまでに認定され多用されている1時間耐火の木質面材は被覆型である。従来から木造住宅の外壁には窯業系などのサイジングが用いられていたが、そこに強化石膏ボードを貼るという被覆型の技術が移転されたことになる。しかし、他のタイプでの面材開発は難しく、僅かにFRウッドで性能が確認された段階¹⁴⁾であり、この分野での技術開発も進むと思われる。

集成材はそれなりの加工精度で仕上げなければならない。特に、モルタル板を挿入する型では異種材料であるモルタルと木材の物性の違いを考慮した組立精度が求められるだろうし、難燃薬剤を所定量注入する型では注入通路としてのピンホール加工にそれなりの精度が求められる。後者については、植物肥料の3大要素の一つであるリン酸を用いており、注入薬剤のラミナ表層部での析出結晶部を鉋削するとアブレーション摩耗が生じる可能性があるため、耐摩耗性の高い工具を使う必要があるが、これらの課題は基本的には解決されている。CO₂固定量が所定の期間評価され、木が現しとなる集成材被覆型と挿入型での今後の普及は複雑な製造工程の更なる改善とコストダウンが鍵となる。

以上、近年急速に研究・開発されてきた耐火木材の概要を述べたが、それぞれ特徴があるとは言え、国産材のさらなる利活用に向けて普及が進み、防火地域などでランドマークとなる木造建築物が街区のあちこちで見られるようになることを願っている。

文 献

- 1) 林野庁：森林資源の現況（平成24年と平成19年の森林資源現況総括表），<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/index1.html> 2014年9月15日参照。
- 2) 平成25年度森林・林業白書：第V章第1節木材需給の動向。146（2014）。
- 3) 平成25年度森林・林業白書：第I章第2節我が国の森林整備を巡る歴史。34（2014）。
- 4) 原田寿郎：日本における木質耐火構造開発のあゆみ。木材学会誌 55(1), 1-9（2009）。
- 5) 遊佐秀逸：各論Ⅲ 木質ハイブリッド部材の耐火性能。月刊建築技術（666）, 100（2005）。
- 6) 岡日出夫，大橋宏和，山口純一，堀 長生：モルタルを内蔵したスギ集成材の燃え止まりに関する研究。日本火災学会論文集 58(1), 13-20（2008）。
- 7) 原田寿郎，服部順昭，安藤恵介，西岡悠樹，宮林正幸，塩崎征男：耐火集成材の開発（その1）シェル型難燃層による集成柱材の燃え止まり。2006年度日本建築学会大会学術講演梗概集，関東，A-2, 2006, pp. 85-86。
- 8) 遊佐秀逸：金沢エムビル。月刊建築技術（666）, 152（2005）。
- 9) 日本初の木造耐火大ホール建設。日刊木材新聞（17649），平成26年9月5日，1面（2014）。
- 10) ポラテック(株)本社ビル『ウッドスクエア』竣工紹介サイト，http://www.polus.co.jp/topics_and_event/polus-tec/woodsquare201202/ 2014年9月15日参照。
- 11) 福本晃治，大野正人，熊谷孝文，西崎隆氏：大阪木材仲買会館の構造設計。2013年度日本建築学会大会建築デザイン発表梗概集，北海道，2013, pp. 230-231。
- 12) 塚本平一郎，森 徹，比留間基晃：野菜倶楽部 oto no ha Café。新 建 築(6), 138-145, 191（2013）。
- 13) 上川大輔，原田寿郎，宮林正幸，抱 憲誓，西村光太，宮本圭一，大内富夫，安藤恵介，服部順昭：難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発スギ集成材柱の1時間および2時間耐火性能。日本建築学会環境系論文集 75(657), 929-935（2010）。
- 14) 服部順昭：スギCLTへの1時間耐火性能の付与について。木材工業 68(11), 494-495（2013）。