



LVL 準不燃材料開発研究ブック【改訂版】

— 準不燃材料・内装材編 —
内装木質化等住宅部材開発

LVL 準不燃材料開発研究ブック

—準不燃材料・内装材編—

内装木質化等住宅部材開発

一般社団法人全国 LVL 協会 編

本事業は、平成 25 年度林野庁地域材供給倍増事業地域材利用拡大支援 木造住宅・木造公共建築物等の構造部材開発等支援事業の内装木質化等住宅部材試験開発等支援事業を受けて、一般社団法人全国 LVL 協会を中心として LVL(単板積層材)の準不燃材料の大臣認定取得を目指して取り組んだ開発研究です。

この冊子はその開発研究概要をまとめたものです。

0

目次

1 開発の目的・背景	・・・5
2 内装材としてのLVLへの期待	・・・10
3 単板積層材LVLとは	・・・12
4 開発に取り組む3つのタイプ／大臣認定取得のタイプ	・・・14
5 開発概要	・・・16
6. 準不燃材料の性能評価試験とは	・・・18
7. まとめ	・・・19
付録：コラム	

1

開発の目的・背景

■開発の目的・背景

都市部にも大規模な木造建築「都市木造」が建設され始めました。これは、大規模木造建築の構造・耐火技術が着実に整備された成果であります。これにより都市木造は第2ステージに入ったと考えることもできます。これまで要求性能を満足するために技術主導で進められた都市木造の技術開発から、これからは魅力的な都市木造のための技術開発へ舵をとっていく必要があります。

構造材としてのLVLの特徴は、柱梁といった線材として使用できること、さらに壁や床といった面材としても使用できることです。一方、意匠材（仕上材）としての特徴は、その製造方法から生じる木目面と積層面という全く異なる2つ表情をもっていることです。構造材をそのまま仕上げ材として使用してきた日本の木造建築においては、この2つの特徴をいかに活かしていくこ

とができるかが、これからの木造建築の魅力を増すために非常に重要な要素になります。

これまでの日本の木造建築は、木をあらわしで使うこと、木が見えること、木に触れることがあたり前でした。しかし、都市に建つ木造建築「都市木造」では、昔から使用しているからといってそのまま同じようにすぐ使えるわけではありません。当然、現代の建築に要求される性能を満足しなければなりません。個人住宅のように特定の人を使用する建築とは異なり、都市部の大型木造建築では不特定多数の人が出入りするようになり、それにとれない火災に対する安全性確保から内装材にも高い耐火性能が必要とされることとなります。

本研究では、火災に対する安全性を確保しながら、空間を構成する内装材としてのLVLの魅力を引き出すことができる部材の開発を目指しています。

東京大学生産技術研究所
教授 腰原幹雄



材料の厚みを活かし、凹凸をつけて積み上げることで、ポスターやチラシのディスプレイの手がかりに。



県産材の間伐材を利用し、地産地消で環境にもやさしい材料として施設のアピールに。



「神門通りおもてなしステーション」(島根県出雲市)

プロデュース：CitySwitch Japan

基本設計：山代悟 + ビルディングランドスケープ

実施設計・工事監理：江角アトリエ、環境設備計画

出雲市都市建設部設備建築住宅課

写真：古川 誠



積層面がディスプレイの背景としても目をひく表情に。



LVL のもつ重厚感を活かした空間の間仕切りとディスプレイを兼ねた棚。



LVL の積層面が作り出すあたたかみのある表情と、素材のもつ力を活かした魅力的なデザイン。

「はとばキッチン」(静岡県静岡市清水区)
基本設計: 山代悟 + ビルディングランドスケープ
実施設計 + 現場監理: 山代悟 + ビルディングランドスケープ
+ 荒井建築計画事務所
写真: 新 良太

2

内装材としてのLVLへの期待

LVLの準不燃材料を開発するにあたって、どのようなニーズがありえるのか、また販売する際の戦略や実際に使用している感想等についてヒアリングを行った。様々なご意見を頂き、今後の商品開発に向けての重要な参考意見としたい。ここでは、その一部を紹介する。

□主なヒアリング先：

- ・大手内装設計・施工会社 営業・施工
- ・LVLを内装に使用したことのある建築家
- ・LVLを使用した公共施設の施主(市役所職員)
- ・LVLを使用した商業施設の施主(レストランの店長)

【質問項目】

- Q1. あなたの職業、職種について教えてください。
- Q2. 今回LVLを実際に内装に使った箇所、施設の用途を教えてください。
- Q3.LVLの材料の第一印象を教えてください。
- Q4. 施設を実際に使うお客様や従業員の方の反応などを教えてください。(施設管理者のみ)
- Q4. これまで関わったプロジェクトの中(商業施設等)で、建築基準法の内装制限以外の制限はどのようなものがありましたか。(建築業者のみ)
- Q5. 耐火性能以外に施主や施工者から求められる性能はありますか。(建築業者のみ)
- Q6.LVLはどのような場所、施設に需要がありそうですか。
- Q7. 材料に厚みがあることを活かして使えるような場所はありますか。
- Q8. この材料が受け入れられそうな業界、店舗形態はありますか。
- Q9. 内装材や家具材料として使う場合に厚みや大きさの規格など扱いやすいサイズや厚みはありますか。
- Q10. 準不燃材料が開発されれば使いたいと思いますか。
また、準不燃材料のサンプルを見てどう思いますか。
- Q11. その他LVLを使用した感想や要望、使い方やアピールの仕方などのアイデア等ございましたらお教えください。

■『LVLを内装材や家具に使った感想、またははじめて見た感想は?』

という質問に対しては、

「薄いプリントなどの表面の仕上げ材と違ってポリウレームでの仕上げの表現が可能なのがおもしろい」、「合板と比べてあたたかみがあり、高級感がある」、「機能面では掲示しやすいのがとてもいい(押しピンなどがさしやすい)」等の意見があり、素材のもつ表情の魅力と高級感がある印象をもっている意見が見られた。

■『内装材や家具の材料として使用する際に厚みや大きさなど扱いやすい寸法はありますか?』という質問に対しては、

「厚いものと薄いもので用途を変えて使いたい」、「建具など動くものには使えるよう薄いものもほしい(反らない最低限の厚みのなかで)」、「長さは制限がないほうがいい(目地なしで使えるのがおもしろい)」といった意見に見られるように、標準の厚みのバリエーションを何種類か提示するもしくは個別対応も可能でそういったように対応するのがよさそうである。

■『準不燃材の薬剤処理したもの(単板含浸タイプ)を見た印象は?』

という質問に対しては、

「この色が予めわかっていたらそれに合わせたインテリアの内装に仕上げれば問題ない」、という意見がある一方、「積層のしましま模様が少し分かりづらくなるのでもう少し色がうすいほうがよい」という意見も見られ、積層の素材感、表情を損なわない形で開発する必要があるようだ。

■『今後売り出す際に必要なものやアピールポイントになりそうなところは?』

という質問に対しては、

多くの回答者の方より「県産材や間伐材を使えるところはアピールになる」という意見を頂いた。地元の材料を使えるところを施設のアピールとしても分かりやすく、採用しやすい傾向がありそうである。

またインテリア等内装業界の方からのご意見で、「他の建材や内装材のようにカットサンプルをつけたカタログやサンプル帳がほしい(素材(樹種)、色、目の粗さなどのバリエーションが分かるもの)」といった一目でどのような素材や色か分かるサンプル帳がほしいという意見や、「内装材で使う際は納期が重要」等の意見もあり、建築の材料供給とインテリアを中心とした内装業の材料供給や工期のスピードが異なることに注意する必要がある、あらかじめ在庫を用意しておくことやカタログ等に納期を明記する事等の対策が必要であるといった貴重な意見も頂いた。

■『LVLはどのような場所、施設に需要がありそうですか。』という質問に対しては、

「図書館や小学校などの集会スペースや人が集まる場所、公共スペースなど質感を出して人目をひく場所に使いたい」、「図書館、公共の場所、長く時間を過ごす場所」といったように木のもつあたたかみとLVLの表情を活かし、人目をひく場所や人が集って過ごす場所に使いたいという意見も多く見られた。「ポリウレーム感を活かして使える什器など立体的に見えてくるところに使いたい」、「カウンターや受付の背景」など什器としても使いたいという意見が見られた。

その他に、「面材として使う場合は厚みを見せる事のできる出隅等に使用したい」等の材料の厚みがあることを活かしたデザインで使いたいという意見もあり、他の内装材とは違う特徴を活かしたデザインができることが魅力であると感じる人も見られた。

3

単板積層材 LVLとは

LVL（単板積層材）とは

LVLは、ロータリーレースまたはスライサーで切削した単板を、その繊維方向をほぼ平行にして積層接着したものです。現行のLVLのJASにおいては、造作用と構造用の2区分があります。

構造用LVLの用途は、主に建築物の耐力上主要な部位である梁、柱、土台、筋交い等です。造作用LVLの用途は建築用については間柱や野縁、階段部材といった内部造作材料、建築用以外では家具、ドア等フラッシュパネルの枠材や梱包用資材があります。

単板の繊維方向を平行にして接着するのが基本ですが、造作用にあっては、直交する単板を規定の範囲内で入れることが可能で、ある程度面的にも使えます。構造用にあつては、直交する単板を入れる場合はその位置が限定されており、同時にその枚数も限定されています。よって、JASにおける構造用LVLは軸方向にはその強さが発揮されますが、軸方向と直交する方向では強度を保持しにくく、面で使うよりも軸で使うことに主眼が置かれてきました。

LVLの特長

1. 高い寸法安定性

材料となる単板は十分に乾燥させてから接着するため、製品も十分乾燥したものができます。よって、乾燥収縮が起きにくく、製材等と比較して曲がりや反りなどの狂いが起きにくくなっています。狂いが生じにくいということは、施工現場において間柱、垂木、野縁等の羽柄材のロットアウト率を低くすることや、壁や天井のゆがみや段差の発生など引き渡し後のクレームを減らすのに有効と言えます。(逆に、十分乾燥されているということは、濡れると膨張しやすいということを意味しています。使用される方は十分ご注意ください。)

2. 強度のばらつきが小さい

LVLは薄い単板を積層接着しているため、節などの欠点分散されることがあり、製材あるいは集成材と比較してエレメントが小さい分強度のばらつきも小さくなっています。強度性能が工学的に保証された信頼性の高い木質材料、すなわち優れたエンジニアードウッドであると言えます。

3. 用途に応じてどのような寸法でも製造可能

単板を縦継ぎすることでどのような長さでも、また積層数を変えることでどのような断面寸法の製品を製造することができます。つまり、間伐材のような小径丸太からでも、単板が取得できれば大きな断面のLVLを製造することができます。大断面から小断面まで、サイズにおいては高い自由度があります。

残念ながらJASにおいて湾曲材の規定がないので、構造用集成材が得意とする湾曲材はLVLではJASによる格付ができません。

4. 防虫、防腐、防蟻などの薬剤処理が容易

「単板」という薄い材料を使用しているため、接着剤に薬剤を混ぜる方法による処理(接着剤混入法)あるいは接着前の単板への加圧注入による処理で、断面に対して均一に薬剤が浸透した製品が製造できます。多数ある接着層を中心に薬剤が浸透するため、難注入材にも対応が可能です。当然、加圧注入による処理も可能です。

5. 積層面が持つ模様の魅力

薄い単板を積層しているため、切断面にはしましまの模様が出来ます。この模様は他の木材及びエンジニアードウッドではないため、近年内装材としての利用が注目され始めています。



LVL用の単板



2次接着を終えたLVL



製品化されたLVL

4

開発に取り組む3つのタイプ

近年、木質内装のニーズが高まり、建築基準法の内装制限で規制される壁・天井等に使用可能な木材が普及しはじめている。それらの多くは、スギやヒノキ等の針葉樹及びタモ等の広葉樹の製材であり、昔から使用されてきた部位（壁の羽目板や天井材など）に、建築基準法の不燃材料、準不燃材料または難燃材料の国土交通大臣認定を取得して使用できるようにしたものである。

一般に、木材を不燃化する場合、防火塗料の塗布や、リン酸またはホウ酸系の不燃化薬剤を加圧含浸する方法が考えられる。前者は、木材の表面のみに塗布するもので、塗料が不燃性であっても、木材の燃焼を抑制して建築基準法の不燃材料等の要求性能を満足するのはなかなか難しい。ただし、水ガラス系塗料で表面を完全にコーティングして、木材表面への酸素の供給や表面温度の上昇を抑制できれば実現可能性がある。また、後者は製材を中心に技術が普及しており、不燃材料、準不燃材料の大臣認定取得事例も多い。

壁や天井材をつくる場合、製材、合板、LVL等を利用することが考えられるが、それらを薬剤処理する場合、前述の防火塗料の表面への塗布では大きな差はでないと予想される。一方、不燃化薬剤の加圧含浸では、完成品に処理する場合、貼り合わせ前の単板に処理する場合の2種類が考えられ、木材の不燃化では、部材断面にできるだけ均一に不燃化薬剤を加圧含浸したいので、完成品よりも単板のほうが単位体積あたりの表面積が大きく含浸しやすい可能性がある。

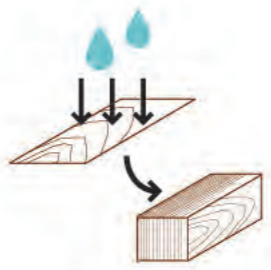
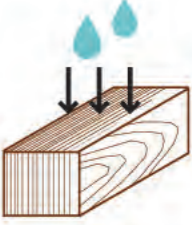
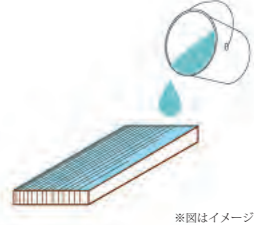
これらの背景のもと、今回の技術開発では、建築基準法の内装制限がかかる壁・天井のいずれの部分にも使用可能な「準不燃材料」のLVLを開発することを目的として、意匠（視覚、触覚）、準不燃性能の安定的確保、製造方法及びコストに重点をおいて、以下の不燃化の手法について開発を進めることとした。なお、「準不燃材料」とすれば、建築基準法の内装制限で規制される壁・天井のいずれの部分でも使用することができる。

1. 単板に薬剤を浸透させて貼り合わせて製品化する（以後、単板含浸タイプと呼ぶ）
2. 製品（単板を貼り合わせた後）に薬剤を加圧含浸する（以後、製品含浸タイプと呼ぶ）
3. 製品に耐火塗料を塗布する（以後、表面塗布タイプと呼ぶ）

①はLVL等単板を貼り合わせてつくる製品特有の手法でありこれまで開発が実施された事例は少ない。
 ②は従来のスギ等の製材の不燃化で用いられている手法であり、加圧含浸方法としてはもっとも実績がある。
 ①、②ともに含浸した薬剤（水溶性）が溶出しないように、表面に水分の出入りを絶つための塗装が必要となることが多い。また、③は鉄骨造の耐火塗料と同じ原理で表面に塗膜（断熱及び保護層）をつくり、木材表面に入る熱を抑制して木材が燃えないようにするもので、木材そのものを不燃化するものではない。

※製品化するための技術的検討や生産及び品質管理のプロセスについては、主に②の製品含浸タイプを用いて事業を行った。

■3タイプの比較

製品概要	処理方法	①単板含浸タイプ	②製品含浸タイプ	③表面塗布タイプ
				
		不燃薬剤を単板へ減圧・加圧注入	不燃薬剤をLVL(製品)へ減圧・加圧注入	LVL製品に不燃薬剤塗布し、準不燃化
	表面塗装	要※	要※	不要
意匠性	触感	一般的なポリウレタン同等	一般的なポリウレタン同等	ガラスコーティングのような感触
	色味	クリア、白木風、焦げ茶等で選択可能	クリア、白木風、焦げ茶等で選択可能	
加工性	切断	可	可	可
	サネ・仕口加工	可	可	可
	切断面の準不燃処理	現場処理不要	現場処理不要	木口が露出する場合は、現場塗布が必要

※表面塗装について：表面から塗料の水分が溶脱して白化現象が出てくるため、塗装（ポリウレタン塗装等）が必要になります。
 ※大臣認定取得予定のタイプは、②の製品含浸タイプになります。

■準不燃材料が使用できる箇所

下記の表の通り準不燃材料であれば、特殊建築物や無窓居室等内装制限のかかる居室、通路・階段等に使用することができる。これまで告示を使っても緩和適用外であった通路・階段等や天井にも使用することが可能になる。

内装制限を受ける建築物の用途と部位

No.	用途・室	構造・規模			内装制限箇所 (壁・天井)	内装材の種類		
		耐火建築物	準耐火建築物	その他の建築物		不燃材料	準不燃材料	難燃材料(*1)
①	劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場	客席 ≥ 400㎡	客席 ≥ 100㎡	客席 ≥ 100㎡	居室 通路、階段等	○	○	○
②	病院、診療所(患者の収容施設のあるもの)、ホテル、旅館、下宿、共同住宅、寄宿舎、児童福祉施設等(*3)	3階以上の合計 ≥ 300㎡(*4)	2階部分の合計 ≥ 300㎡(*4)	床面積合計 ≥ 200㎡	居室 通路、階段等	○	○	○
③	百貨店、マーケット、展示場、キャバレー、カフェ、ナイトクラブ、バー、ダンスホール、遊技場、公衆浴場、待合、料理店、飲食店、物品販売業(加工修理業)の店舗	3階以上の合計 ≥ 1,000㎡	2階部分の合計 ≥ 500㎡	床面積合計 ≥ 200㎡	居室 通路、階段等	○	○	○
④	自動車車庫・自動車修理工場	全部適用			その部分又は通路等	○	○	
⑤	地階で上記①②③の用途に供するもの	全部適用			その部分又は通路、階段等	○	○	
⑥	大規模建築物(*5)	階数3以上、延べ面積 > 500㎡ 階数2以上、延べ面積 > 1,000㎡ 階数1以上、延べ面積 > 3,000㎡			居室 通路、階段等	○	○	○
⑦	火気使用室	調理室・浴室など	階数2以上の建築物の最上階以外の階		調理室等	○	○	
⑧	全ての建築物	無窓居室(*2)	床面積 > 50㎡		居室、通路、階段等	○	○	
⑨		法28条1項の温湿度調整作業室	全部適用					

注) (*1) 難燃材料は、3階以上に居室のある建築物の天井は使用不可。天井のない場合は、屋根が制限を受ける。高さ1.2m以下の壁を除く

(*2) 天井または天井から下方へ80cm以内にある部分の開放できる開口部が居室の床面積の50分の1未満のもの。

ただし、天井の高さが6mを超えるものを除く。

(*3) 1時間準耐火構造の技術的基準に適合する共同住宅などの用途に供する部分は耐火建築物の部分とみなす

(*4) 100㎡(共同住宅の住戸は200㎡)以内毎に、準耐火構造の床、壁または防火設備で区画されたものを除く。

(*5) 学校などおよび31m以下の②の頃の建築物の居室部分で、100㎡以内ごとに防火区画されたものを除く。

※建築基準法ではクリアできている場合でも、防火地域で不燃材料にしなければいけない指導を受ける場合は各担当課や消防と協議の必要があります。

5

開発概要

■実用化の目標

国産材（B材）の有効活用のため、単板積層材を建築用内装部材として、建築基準法の準不燃材料の規準に適合する火災安全性を付与した、また、積層面を表しにした新しい模様の内装材を提案する。

・1. 単板に難燃薬剤を注入または含浸させて積層接着する方法（単板含浸タイプ）

さらに、大量生産に対応するために大量の単板を減圧加圧により注入する方法と、少量生産に対応するために温冷浴法など簡易な設備により注入する方法を検討する。

・2. 単板積層材に難燃薬剤を注入させる方法（製品注入タイプ）

製品に注入するために、注入量の増加が見込まれる減圧加圧による方法を検討する。

・3. 単板積層材表面に不燃化塗料をコーティングする方法（表面塗布タイプ）

最も簡易な方法と考えられる塗料のみで準不燃化が可能かどうか検討する。

なお、未加工の積層面を表しにした内装材と難燃薬剤や不燃化塗料による色調の違いも比較する。

■発熱量測定試験の方法（P30 参照）

1. コーンカロリメーター発熱性試験

10cm×10cm×実厚さの試験体に50kW/m²の加熱と口火を与え、酸素消費法により発熱速度を測定し、総発熱量を推定する。準不燃材料の場合、10分間の総発熱量が8MJ/m²以下、最高発熱速度が10秒以上連続して200kWを超えないこと、防火上有害な裏面への貫通、亀裂穴が生じないことを確認する。

2. 模型箱発熱性試験

小規模な室（幅84cm×高さ84cm×奥行168cm）の内装（壁・天井）を再現して室隅角部で40kWのバーナーで出火させて、酸素消費法により発熱速度を測定し、総発熱量を推定する。準不燃材料の場合、10分間の総発熱量が30MJ（火源分として20MJを除く）以下、最高発熱速度が10秒以上連続して140kWを超えないこと、防火上有害な裏面への貫通、亀裂穴が生じないことを確認する。

■実施した試験

1. 単板含浸タイプ

1-1. 注入試験

注入試験は、未乾燥単板に難燃薬剤を注入できれば加工工程上有効であるため、未乾燥単板に減圧加圧法、及び温冷浴法を試した。次に乾燥単板について減圧加圧法、及び温冷浴法により注入量を確認した。

1-2. コーンカロリメーター発熱性試験

まず、未注入の単板積層材における接着剤の発熱量への影響を調べた。なお、市販の難燃薬剤を用いたため、既存のデータから準不燃規準に適合するためには、平均160kg/m³程度の薬剤固定量で可能と推定されるため、注入単板積層材の当該試験は行わなかった。

1-3. 模型箱発熱性試験

模型箱試験は、小規模室の内装を再現した試験体で行うが、節の影響を実寸で確認できるため、木材の準不燃化確認試験には適当であると考えられる。また、燃え抜けに関して、幅方向や長さ方向の継手の形状も確認できる方法であるため、試験を行った。

2. 製品含浸タイプ

2-1. 注入試験

注入試験は、乾燥単板積層材に難燃薬剤を減圧加圧法により注入した。

2-2. コーンカロリメーター発熱性試験

注入材発熱量などをコーンカロリメーター試験により評価した。

2-3. 模型箱発熱性試験

基本性能はコーンカロリメーター試験により評価できるため、模型箱試験は行わなかった。

3. 薬剤塗布タイプ

3-1. コーンカロリメーター発熱性試験

塗布材発熱量などをコーンカロリメーター試験により評価した。

3-2. 模型箱発熱性試験

大面積での塗布材の燃焼状況を把握するため、模型箱試験は行った。

■開発における各タイプのメリット、課題

1. 単板含浸タイプ

1-1. メリット

単板含浸タイプは、3mm程度の単板の内部に比較的簡単に難燃薬剤が注入できるため、積層後には内部まで均質な薬剤固定量が確保される。仮に薬剤固定量が少ない部分、たとえば節などが存在しても、大きく影響を及ぼさない。この均質性が、一番のメリットとなる。

1-2. 課題

内装材完成までの加工の順は、①単板の乾燥、②難燃薬剤の注入（減圧加圧、温冷浴など）、③単板の乾燥、④積層接着、⑤2次接着、⑥縦割切断、⑦本実加工である。このうち②では、割れやすいためハンドリングが難しいこと、③の乾燥が5倍時間がかかること、⑥の切断について、刃物への薬剤付着によりリップソーでは難しいことが挙げられる。

1-3. コスト

上記①から⑦までの工程では、②の注入にかかる薬剤費を除いた経費、③の単板乾燥、⑥の切断で帯鋸を使用することから、未注入材の製品完成時のコストと比較して、5倍程度になると予測される。

1-4. 色調

単板に薬剤を注入し、その薬剤の性質から色調は茶系で、心材、辺材の差が少なく、単調な色調である。

2. 製品含浸タイプ

2-1. メリット

製品含浸タイプは、内装材完成までの加工の順で説明すると、①単板の乾燥、②積層接着、③2次接着、④縦割切断、⑤本実加工、⑥難燃薬剤の注入（減圧加圧）、⑦乾燥である。注入工程は内装材の形になってからであり、注入に関してハンドリングは良い。工場での作業は通常通りである。

2-2. 課題

内装材の形状で、無垢の板材と同様、長さ方向、厚さ方向の薬剤固定量の把握が必要である。固定量の分布を説明するために、材内部を細かく分けた溶脱試験など、多数の試験が必要と考えられる。また、⑦の乾燥後に変形や薬剤の析出があれば、再加工が必要である。

2-3. コスト

課題で記載した、薬剤固定量の把握がネックとなり、そのバラツキを説明できるまでの準備や管理にかかる経費と、本実形状での再加工の経費が上乗せされる。未注入材の製品完成時のコストと比較して、5倍程度になると予測される。

2-4. 色調

表面からも薬剤が注入できるため、その薬剤の性質から色調は茶系で、心材、辺材の差は少ない。

3. 表面塗布タイプ

3-1. メリット

薬剤塗布タイプは、内装材完成までの加工の順で説明すると、①単板の乾燥、②積層接着、③2次接着、④縦割切断、⑤本実加工、⑥薬剤塗布である。注入工程はなく、表面を薬剤でコーティングするのみである。

3-2. 課題

表面を薬剤でコーティングするのみであるが、作業面で時間がかかり、また、厚さの管理が不十分であると準不燃基準を満足できない。また、現場で刷毛では塗布できないため、工場でコーティングする必要がある。

3-3. コスト

工場での作業が必要ではあるが、塗料費と作業費、また、その塗布量の管理費が上乗せされる。未塗装材の製品完成時のコストと比較して、3倍程度になると予測される。

3-4. 色調

薬剤の性質から色調は透明感はあるものの、心材はこげ茶色、辺材は薄黄色で差は大きく、メリハリの利いた色調となる。

6

準不燃材料の性能評価試験とは

準不燃材料に必要な性能は、簡単にいうと「10分間燃えないこと」といえる。この10分間燃えないことを証明する方法として、国土交通大臣認定取得のための性能評価試験では、①コーンカロリメーター試験と②模型箱試験を準備している。多くの性能評価試験では、試験体製作が容易なコーンカロリメーター試験が採用されることが多い。ここではそれぞれの試験方法を比較してみたい（表1）。

コーンカロリメーター試験は、10cm×10cm×実際の厚さの板状の試験体をコーン型の電熱ヒーターを用いて、所定の加熱強度で表面を熱して、口火により着火・燃焼するかを試験体表面付近の酸素濃度測定から発熱速度（単位時間あたりの発熱量）を算出して評価する。試験体が小さいため比較的均質な材料に向けた試験方法といえる。たとえば、難燃処理木材の場合、10cm×10cmの試験体内に小さくない節があると、節部分はうまく難燃処理されないことが多いためその節が燃えただけでも判定の規定値を超えることがある。一方、模型箱試験は、小さな部屋（内法で幅84cm×奥行168cm×高さ84cm）の内装（壁・天井）を再現して、部屋の隅で40kW相当のプロパンガスバーナーで出火させて、酸素濃度測定から内装の発熱速度を算出して評価する。内装の表面積は大きくなり、前述の節等による局所的な弱点を全体でカバーすることが可能である。すなわち、難燃性が必ずしも均質でない材料にとっては内装全体で評価できる分、素材の特徴が不利になりにくい試験方法といえる。その反面、コーンカロリメーター表試験の試験体と比

表1 試験方法の比較

	コーンカロリメーター試験	模型箱試験
試験装置外観		
試験体寸法	10cm×10cm	84cm×84cm×168cmが内法の模型箱（壁・天井の仕上げを再現）
試験体数	3	2
加熱方法	コーン型ヒーターで試験体表面に加熱強度50kW/m ² を与えながらスパーク口火を与える	発熱速度40kWのプロパンガスバーナーを模型箱隅角部に設置し出火させる
判定方法	10分間の総発熱量が8MJ/m ² を超えないこと	10分間の総発熱量が30MJ/m ² を超えないこと（火源分20MJを除く）
	10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂や穴がないこと	10分間、防火上有害な裏面まで貫通する亀裂や穴がないこと
	10分間、最高発熱速度が10秒以上連続して200kW/m ² を超えないこと	10分間、最高発熱速度が10秒以上連続して140kWを超えないこと

較して、試験体製作に労力と費用がかかる点が短所といえる。ちなみに、いずれの試験方法も評価試験費は64万円と同一である。

国土交通大臣認定取得までの一般的なスケジュールは、性能評価試験実施までの事前打ち合わせ・性能評価書案作成が約2-3ヶ月、性能評価試験用試験体製作（試験機関の立ち会い含む）1-2ヶ月、試験体実施（試験体の養生期間を含む）1-2ヶ月、性能評価委員会及び評価書の発行2-3ヶ月、大臣認定申請・取得2-3ヶ月と、最短でも半年以上がかかり、長ければ着手から大臣認定書取得まで1年以上かかることもある。

すなわち、計画的な性能評価試験の実施、大臣認定取得による実用化が必要といえる。

7

まとめ

本事業では、LVLを建築物の壁・天井の仕上げ材に自由に使用できるよう、建築基準法の内装制限で要求される性能のうち、もっとも汎用性の高い「準不燃材料（10分間激しく燃えない材料）」の開発を目指した。

不燃化の処理方法は、①単板含浸タイプ、②製品含浸タイプ、③表面塗布タイプの3種類とし、それらの発熱特性を知るために、コーンカロリメーター試験及び模型箱試験を実施した。

また、H26年度に②製品含浸タイプで処理した30mm厚の製品で、日本建築総合試験所にて準不燃材料の国土交通大臣認定取得のための性能評価試験を実施し合格した。現在、日本建築総合試験所による性能評価書をもって国土交通省に大臣認定申請中である。

以下に、それぞれの技術開発で得られた知見の概要と、国土交通大臣認定申請中の仕様の概要を示す。

1. 開発で得られた知見の概要

1-1. ① 単板含浸タイプ

・LVL製作前の単板に難燃薬剤（リン・チツソ系化合物）を平均160kg/m³加圧含浸し、その後、フェノール樹脂系接着剤で一次接着してLVLを作成した場合、準不燃材料以上の性能を確保できる（模型箱試験にて性能確認）。

・単板の一次接着に使用するフェノール樹脂系接着剤の発熱量は2MJ/m³程度で、LVLの貼り合わせ小口面をあらわにした場合は、燃焼する接着剤量が減少するため準不燃性能に与える影響は少ない（コーンカロリメーター試験にて性能確認）。

1-2. ② 製品含浸タイプ

・LVL製作後に難燃薬剤（主成分：リン酸ゲアニジン系）を平均122kg/m³加圧含浸した場合、準不燃材料以上

の性能を確保できる（模型箱試験にて性能確認）

・LVL製品への難燃薬剤の加圧含浸であっても、長さ方向の注入ムラを比較的押さえられる可能性がある。ただし、同じ注入量であっても発熱速度にバラツキ出ることがある。

1-3. ③ 表面塗布タイプ

・LVL製品の表面にシリケート系の塗装を2.5～3.5kg/m²程度塗布した場合、準不燃材料以上の性能を確保できる（コーンカロリメーター試験にて性能確認）。ただし、模型箱試験では、表面の塗装に亀裂等が生じて熱分解ガスが発生し準不燃材料の性能が確保できないことがある。

・シリケート系の塗装のシーラーや表面保護塗料の仕様によって、所定の性能が発揮されないことがあり、相性の確認が必要である。

薬剤処理、製品加工、手触り、着色の難易度やコストを考慮すると、現時点では、②製品含浸タイプについて、「準不燃材料」の大臣認定取得による実用化がよいと考えられる。

2. 準不燃材料の国土交通大臣認定申請中の仕様

1の技術開発の成果に基づき、②製品含浸タイプで準不燃材料の性能評価試験（模型箱試験による）を実施し合格した。日本建築総合試験所による性能評価書の内容については別途お問い合わせ頂きたい。

3. 今後の課題

3-1. ① 単板含浸タイプ及び②製品含浸タイプ・単板内の難燃薬剤の断面分布・平面分布の把握

発熱特性を把握するために必要な難燃薬剤の断面的・平面的なバラツキを把握する。なお、単板含浸の場合の断面的なバラツキについては単板厚が3mm程度であればほぼないと考えられる。

・節・割れ等が発熱特性に与える影響の定量的把握

節や割れ等の弱点は発熱量が増大する原因になるため、単位面積あたりの弱点をコントロールする必要がある。弱点ごとに、発熱特性を系統的に把握し、製品管理に反映させる。

・薬剤処理後の製品加工方法の検討

薬剤処理後の木材を切断、加工する場合、薬剤が刃に与える影響が小さくないため、適切な加工装置を検討する。

3-2. ③表面塗布タイプ

・適切なシーラー及び表面保護塗料の把握

シリケート系塗装の下地となるシーラー（木材基材の吸い込み抑制）の種類により、シリケート系塗装の発泡状況が変わるため適切な下地処理方法を検討する。また、表面保護塗料は手触り・着色に影響を与えるため、適切な塗料を検討する。

可燃材料である木材を難燃化する技術は、昔から様々な方法が提案されているが、燃えるものを燃えないようにするのはそう簡単なことではない。しかし、本事業ではLVLの製造方法や意匠性を考慮した適切な処理方法に関して、よい見通しが得られ、一部の方法で準不燃材料の実用化を行った。

今後も、市場の意見を聞きながら、引き続き技術開発を進めていきたい。

column:

都市木造 第2ステージへ

／東京大学生産技術研究所教授 腰原幹雄



木材会館

都市部に建つ大型の木造建築では、RC造や鉄骨造と同等の性能が要求されます。

構造性能、特に耐震性能についてはLVLに代表されるエンジニアードウッドの登場により材料特性を明確することができるようになったとともに構造解析が行えるようになり、木造建築でも高度な構造設計をおこなうことができるようになりました。

防耐火性能についても、燃えしろ設計による準耐火構造はもちろん、木質耐火部材の開発により耐火構造の木造建築も実現することができるようになりました。また、耐火性能検証法により火災時の建物各部の温度、避難の安全性も予測することができるようになりました。

こうした都市木造に必要な耐火木造建築の技術が整備されはじめたことにより、続々と新しい都市木造が登場し始めました。金沢エムビル（2005/金沢）、丸美産業本社ビル（2008/名古屋）、ウッドスクエア（2012/越谷）で鋼材内蔵型耐火木造、東部地域振興ふれあい拠点施設



四条木製ビル

（2011/春日部）、下馬の集合住宅（2013 予定 / 世田谷区）で一般被覆型耐火木造、そして大阪木材間屋会館（2013 予定 / 大阪）、音の葉カフェ（2013 予定 / 文京区）における燃え止まり型耐火木造とこれまで開発された耐火木造部材の技術が一通り出揃ったこととなります。

都市木造としては、次のステージ、木造らしい都市木造、魅力ある都市木造を考えていかなければなりません。そのためには、仕上げ材が重要になります。都市部の木造建築の外観、内観はどのようなものでしょう。近年、木材を外壁に用いたビルも数多く建築されています。木材会館（2009/江東区）では、あえて周辺のコンクリート同系の色に変化するような試みがされている。四条木製ビル（2008/京都）では、メンテナンスを前提とした下見板とメンテナンスデッキが建物の特徴づけている。浅草文化観光センター（2012/台東区）では、細かいルーバー上の木材が見る角度によって異なる表情を見せている。東部地域振興ふれあい拠点施設、ウッドスクエアでは、ガラスのカーテンウォール越しに木部材が魅せられています。

こうした仕上材としての木材は、工業製品にない経年変化を魅力のひとつとして捉える必要があります。色合いの変化はもちろん、木目の凹凸の変化、老朽化ではなく味わいとしての経年変化を楽しみたい。



浅草文化観光センター

column:

内装材としてのLVLの可能性

／ビルディングランドスケープ 山代悟

私たちビルディングランドスケープは、LVL 積層面の意匠性の可能性を様々な形で展開し、新築の建築から仮設の構造物、内装など7つの実施プロジェクトでLVLを使用してきました。積層面のもつユニークな表情が自然の木材では得られないものであること、地域材をつかったものの製作が可能であること、B材や間伐材などからも製造可能なことなどがその大きな理由です。またこのような特徴は専門家だけでなく、クライアントやユーザーにもアピールするものであることが各プロジェクトの打ち合わせの過程から分かってきました。

しかしながらLVLという素材への認知度は専門家の中では徐々に高まってきているとはいえ、クライアントやユーザーのなかではまだまだです。これまで多くの場合構造材や下地材として見えない部分で使われたり、比較的使用が容易な個人住宅の中で主に利用されてきたLVLを、公共的な空間の中で積極的に利用していくことでユーザーに認知され、使いたい素材、として覚えてもらうことが重要です。そのためには構造材としてだけではなく、内装材として使用していくことを積極的に考える必要があります。

LVLなど木材を公共空間内装材として使用する際には内装制限などの条件をクリアする必要があり、まだ一般化しているとは言えませんが、ここで二つの事例を紹介したいと思います。

■静岡県清水港のレストラン「はとぼキッチン」

「はとぼキッチン」は約440平方メートルのビュッフェレストランとフリースペースからなる複合スペースです。清水港のヨットバー

バーに面して立地する大型複合施設「エスパルスドリームプラザ」の一階スペースのリニューアルの一環として計画されました。静岡県産の檜や杉をつかったLVLで箱形を約300個つくり、それが積み上げられるようなデザインとしています。今回のような大型商業施設の内装材としてLVLを使



用する場合、無窓居室であったり、大型商業施設独自の安全基準のため、天井を不燃・準不燃材を使用しても、不燃処理をしていない木材を使用することは困難です。今回の場合は有窓の環境であったことと、施設側から家具的な要素であることが認められ使用可能となりました。

■島根県出雲大社参道の観光交流施設「神門通りおもてなしステーション」

「神門通りおもてなしステーション」は出雲大社の参道・神門通りの交差点に面した古い店舗併用住宅を新しいデザインによって生まれ変わらせるプロジェクトです。インテリアの壁には島根県産の杉を使ったLVLを使用し、東側のLVL壁面に凹凸を設け、それをたよりにしてチラシやはがき等をレイアウトすることができるようデザインしました。LVLの積層面は押しピンなども使用可能であることが施設使用者に好評です。



外観は神門通りの修景計画にのっとった伝統建築の姿に修景し、仕上げ材には焼き杉を用いることで、一階のガラス開口部とそこから見える明るいLVLの色彩とコントラストをつけています。

今回は法規制もゆるやかで小規模な施設であったためLVLの使用が容易でした。LVLの準不燃化によって、教育施設、展示施設、観光施設などより大規模な公共空間であっても使用可能になることは、大きな可能性です。今回のこの小さな公共施設はLVLの内装材としての可能性を示していると考えます。

いずれのプロジェクトでも、地域材を使用できるという部分は意義深いものとして理解され、コストのきびしいプロジェクトではありましたが、コスト調整の議論の対象とはならなかったのは印象的でした。今回は不燃化の実現していないなかで使用可能であった事例を紹介しましたが、準不燃化によって様々な公共空間のLVLが使用されることで、内装材としてのLVL、ひいては仕上げをかねた構造材としてのLVLの認知が高まることを期待しています。

column:

「燃えないこと」と「燃え抜けないこと」

／桜設計集団 安井昇

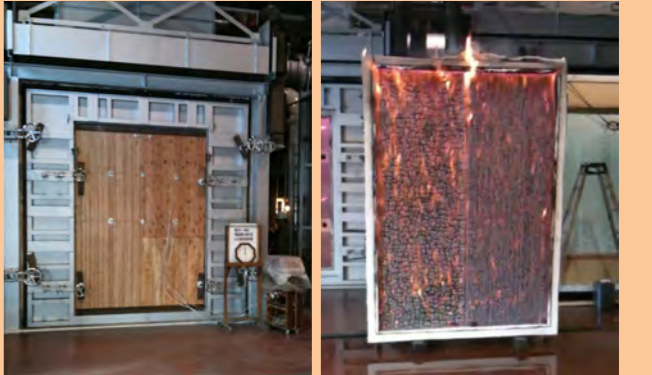
木材は「可燃物」である。そのため、外部から加熱を受けて、適当な口火があると着火し燃焼する。「燃えること＝悪いこと」と考えられている節があるが本当にそうだろうか。

建築物には、木材以外にも、壁紙やシステムキッチン、洗面台、ソファ、ベッド、衣類、書物など、たくさんの「可燃物」が存在する。これらについては必ずしも建築基準法で規制されているわけではないので、燃えることは仕方なしとされている可燃物と、燃えることに制限を加えている可燃物がありそうである。

建築物に存在する「可燃物」を大別すると、(1) 構造躯体—柱、はり、外壁、床など、(2) 内装—壁、床、天井の仕上げ材、(3) 収納可燃物—システムキッチン、ソファ、家具、書物などとなる。(3)の収納可燃物は、主に居住者・使用者が持ち込むもので、これらを防火的にするのはなかなか難しい。

建築基準法の防火規制では、①居住者・使用者の避難安全、②建物内及び建物間の延焼拡大防止（最終的には市街地火災抑制）を中心に種々の規定が設けられている。①では、内装材料を制限するなど、出火防止や火災初期の内装の延焼拡大防止により、人命安全を確保することにしており、特に延焼経路になりやすい、(2)内装（特に壁、天井）の仕上げ材について、燃え抜がりにくいように規制がされている。すなわち、「燃えないことを良」とした規制である。②では、壁や床が燃え抜けたり、建物が崩壊すると周囲の部屋や周辺建物に延焼する危険があるため、構造躯体が容易に壊れない、燃え抜けないように規制がされている。すなわち、「燃え抜けないこと(壊れないこと)を良」とした規制である。

この2種類の要求性能に対して、可燃物である木材で対応しようとすると、まず①については、難燃薬剤（リン酸系やホウ酸系が多い）を木材に加圧含浸し、可燃材料の木材を難燃化したり、木材表面に外部からの加熱を遮り着火温度まで上昇させない塗装(水ガラス系が多い)を施して、難燃材料、準不燃材料、不燃材料等に位置づけることが考えられる。本事業でも、「加圧含新タイプ」「薬剤塗布タイプ」の両方について検討を行っている。難燃化方法、加工方法、経年変化、コストなどが一長一短あるといえる。一方、②については、木材の厚さや太さを大きくし、木材がゆっくりと燃える性質を存分に発揮させることが有効になる。この考えは建築基準法



写真左：LVL壁の加熱実験の様子（非加熱面）

写真右：加熱実験終了後の加熱面の様子

の準耐火構造柱・はりの燃えしろ設計に導入されているが、簡単にいうと木材を木材で耐火被覆したものである。構造上必要な断面に火災時に燃えるであろう断面を予めふかしておくものであり、大変合理的な考え方であるが、建築基準法では柱・はりにしか導入されていないため、壁や床で同様の考え方をするためには、個別の大臣認定が必要である。LVLについては、既往の事業において、150mm厚壁（壁式構造）で、外壁の1時間準耐火構造の大臣認定を取得している。今後、間仕切壁等、バリエーションを増やしていくことも必要になってくるが、技術的な課題は少ないといえる。ただ、もう一ランク上の耐火構造については、火災終了後も部材が壊れないことが求められており、燃焼が自ら停止することが求められる。どれだけ部材断面を大きくしてもゆっくり燃えてなくなるまでの時間を稼げるだけで、自ら消炎するわけではないため、前述の難燃化技術と組み合わせ、燃焼が自ら停止する（燃え止まる）仕組みをつくる必要がある。この耐火構造については、集成材では様々な試みがされており、今後LVLでも単板を貼り合わせて部材をつくるという製造方法や特徴を考慮した手法での取り組みを進めていく予定である。

【補助事業名】

林野庁 平成 25 年度 地域材供給倍増事業

(2) 地域材利用拡大支援

イ 木造住宅・木造公共建築物等の構造部材開発等支援事業
内装木質化等住宅部材試験開発等支援事業

【プロデュース】

一般社団法人全国 LVL 協会

事業担当：一般社団法人全国 L V L 協会 宋昌錫

〒 130-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー 8 F

TEL: 03-6743-0087 / FAX: 03-5534-3959

info@lvl.ne.jp

www.lvl.ne.jp

【共同研究開発関係者】

委員長：東京大学生産技術研究所 教授 腰原幹雄

防耐火担当：桜設計集団 安井昇

意匠担当、冊子製作：山代悟 + ビルディングランドスケープ

試験指導：広島県立総合技術研究所林業技術センター 藤田和彦

独立行政法人建築研究所防火研究グループ 鈴木淳一

(独) 建築研究所防火研究グループ 水上点晴

試験協力：広島県立総合技術研究所林業技術センター

技術協力：菊水化学工業株式会社

丸菱油化学工業株式会社

バイオマス科学研究所株式会社

玄々化学工業株式会社

大谷塗料株式会社

発行日 平成 26 年 3 月
編集 一般社団法人全国 LVL 協会
監修 腰原幹雄、安井昇、山代悟
ブックデザイン ビルディングランドスケープ
発行 一般社団法人全国 LVL 協会

〒136-0082

東京都江東区新木場 1-7-22 新木場タワー 8 階

TEL: 03-6743-0087 FAX: 03-5534-3959

E-mail: info@lvl.ne.jp

<http://www.lvl.ne.jp/>

