

# 大規模木造建築の防耐火設計

## Fire Safety Design of Large Scale Timber Buildings

安井 昇\*1

### 1. はじめに

近年、6階建ての木造庁舎（写真-1）、5階建ての木造共同住宅（写真-2）、4階建ての木造-鉄骨ハイブリッド事務所ビルなど、これまで木造以外で建築されてきた規模の建物が木造化されている。2000年の改正建築基準法施行により、木造でも耐火建築物を設計できるようになったこと、主要構造部材の防耐火性能評価試験方法が明確になり技術開発次第で、これまで実現が難しかった仕様でも個別の国土交通大臣認定取得への道が拓がったことなどが引き金となり、様々な木造防耐火関連の技術開発が継続的に行われてきた成果といえる。さらに、2010年10月の公共建築物等の木材の利用の促進に関する法律の施行、2015年6月の大規模木造建築関連の法令（建築基準法第21条、第27条）の改正<sup>1)</sup>など、近年、環境問題等を背景に大規模木造建築に関連する法令が大きく変わってきたことも大規模木造建築の実現の後押しをしている。

そこで、本報では、近年増加し続けている大規模木造建築に着目して、その防耐火設計手法と建築事例を紹介するとともに、現在行われている木造防耐火関連の技術

開発により、今後大規模木造建築に関してどのような動きや可能性があるかをまとめてみたい。

### 2. 木造建築の防耐火設計

木造建築の防耐火設計という言葉はあまり聞き慣れないかもしれない。建物を防火的にするならばそもそも木造をやめて、鉄筋コンクリート造や鉄骨造にしたほうがよいようにも思える。しかし、よく考えてみると木造だから火事が起こるのではなく、鉄筋コンクリート造や鉄骨造でも火事は起こる。ただ、木造ほど火災被害が問題にされることは少ない。そうであれば、木造も鉄筋コンクリート造や鉄骨造に近い火災性状になるように燃え方を制御できればよいのではないかと考えられる。

木造建築の可燃物を整理すると、図-1のように①構造躯体、②内装、③収納可燃物（引越後に使用者が持ち込む荷物）の3つに分類される。この①～③の可燃物の燃え方を制御して、出火防止性能、避難安全性能、構造体の耐火性能、周辺への延焼防止性能等を向上させることが、木造建築の防耐火設計といえるだろう。



写真-1 6階建て木造庁舎（1～4階は鉄骨造）  
（埼玉県東部地域振興ふれあい拠点施設）



写真-2 5階建て木造共同住宅（1階は鉄筋コンクリート造）  
（下馬の集合住宅）  
写真：浅川敏

\*1 YASUI Noboru：桜設計集団一級建築士事務所 代表・早稲田大学理工学研究所 招聘研究員、博士（工学）

## 2.1 火事に強い木造と弱い木造

地震が比較的短時間で終わる災害であるのに対して、火災は数分のボヤから数日に渡る市街地火災まで長時間になることも多い。この火災は図-2のように、“火災初期”→“火災成長期”→“火災最盛期”と3つの過程を経て順次成長していくが、それぞれの過程における火災安全対策は少しずつ異なる（表-1）。

“火災初期”では出火防止、早期発見、初期消火など、そもそも火災を出さない、大きくしない対策が重要となる。“火災成長期”では室内の延焼拡大防止など、急激に火災が成長しない対策が、また、“火災最盛期”では隣室・隣棟への延焼拡大防止など、燃焼範囲が急激に拡大しない対策が重要といえる。いずれも、建築基準法が目標とする人命と財産を、火災から守るために必要な対策といえる。

この火災の成長過程において、木造特有の弱点が生じやすいのはどの過程かを考えてみる（表-1）。まず、“火災初期”では、燃え方に影響を与えるのは、建物用途による出火源の種類や火気使用の有無、消火設備の有無など出火・失火にかかわることである。また、“火災成長期”の燃え方に影響を与えるのは主に壁や天井の内装仕上げや室内の可燃物種類・可燃物量（表面積）などである。すなわち、この“火災初期”と“火災成長期”においては、構造躯体が木造だから特に弱点が生じるわけではなさそうである。一方で、“火災最盛期”において重要な壁や床といった部材の延焼防止については、木造と鉄筋コンクリート造で大きな差が生じやすい。

そこで、この木造特有の弱点が生じやすい“火災最盛期”の燃え方をもう少し詳しく見てみる。表-2は、木造と鉄筋コンクリート造の可燃物の量をおおまかに比較したものである。防火的な配慮をしていない、火事に弱い木造（以後、裸木造と呼ぶ）は室内で火災が起ると、収納可燃物（家具や内装など）木造住宅の場合、木材換算で床面積あたり30~50kg/m<sup>2</sup>と構造躯体（柱、はり、床、階段など）木造住宅の場合、床面積あたり70~90kg/m<sup>2</sup>）がほぼ同時に燃焼する。この裸木造の火災の問題点は、壁や床が早々に突破されて、①急激に燃焼拡大するため居住者の避難時間が確保しにくい、②収納可燃物と構造躯体が同時に燃焼し発熱量が大きいため消防隊でも容易には消火できない、③建物から発する輻射熱が大きいため隣棟に延焼する可能性が高い、などが挙げられる。それに対して、鉄筋コンクリート造や耐火被覆した鉄骨造は、基本的に収納可燃物しか燃えないのと、壁や床が容易には突破されず、部屋ごとに順次燃焼し建

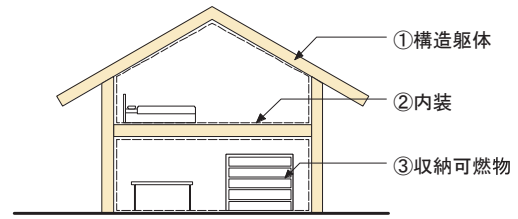


図-1 建物内の可燃物の種類



図-2 火災の成長過程

表-1 火災の成長過程における対策

火災フェーズ		火災初期	火災成長期	火災最盛期
対策		出火防止	内装の燃え拡がり	隣室への延焼
		早期発見	収納可燃物の燃え拡がり	隣棟への延焼
		初期消火		躯体の燃焼
対応	使用者	避難	→	
	管理者	消火・通報	→	
	消防隊		消火	→
構造躯体による耐火性能の差		← 差はあまりない →		← 木造とRC造で差が出やすい →

表-2 構造躯体による床面積あたりの可燃物量（住宅の場合）

構造体	可燃物	住宅の可燃物量の一例 (kg/m <sup>2</sup> 、木材換算した場合)
木造	収納可燃物	30~50
	構造躯体	70~90
鉄骨造 RC造	収納可燃物	30~50

表-3 防耐火建築物の種類と想定火災

	裸木造	防火木造	準耐火建築物	耐火建築物
補強部位		外壁・軒裏・屋根垂き材を防火的に補強	主要構造部・屋根垂き材を防火的に補強	
構造種別		木造		鉄骨造 RC造
想定火災	—	屋外火災 (30分)	屋外火災 (45分、60分) 屋内火災 (45分、60分)	屋外火災 (60分~)
建築物規模・建築地	防火地域 準防火地域 法22条区域 無指定地域 3階建て以下	準防火地域 2階建て以下 法22条区域及び無指定地域 3階建て以下 床面積3000m <sup>2</sup> 以下	防火地域 2階建て以下 床面積100m <sup>2</sup> 以下 準防火地域 3階建て以下 床面積1500m <sup>2</sup> 以下	防火地域 2階建て床面積100m <sup>2</sup> 超、3階建て以上 準防火地域 3階建て床面積1500m <sup>2</sup> 超、4階建て以上

注：現在は新たに建設できないが、既存不適格建築物としてすでに存在する

物全体の火災に進展するまで時間を要するため、裸木造の火災の問題点①～③を比較的解決しやすい。

そこで、この考え方のもと、表-2の木造の可燃物から、後述する工夫(表-11)によって“構造躯体”を取り除いて、可燃物を鉄筋コンクリート造と同じにしたのが、“木造の耐火建築物(4階建て以上の建築や不特定多数の人が利用する3階建て以上の建物など)”であり、原則として構造躯体が燃えず、仮に地震火災等で消防活動が期待できない場合でも、火災後も建物は崩壊せ

ず建ち続ける。一方、“収納可燃物”がほぼ燃え尽きた後に、“構造躯体”が時間差で燃えるようにしたのが、“木造の準耐火建築物(3階建て以下の建築や不特定多数の人が利用する2階建て以下の建物など)”であり、可燃物が順次、ゆっくりと燃えて、所定の時間(準耐火構造では45～60分)は建物が崩壊せずに建ち続けるものといえる。

このように、火災最盛期における木造の構造躯体の燃え方を制御することにより、木造でも鉄筋コンクリート

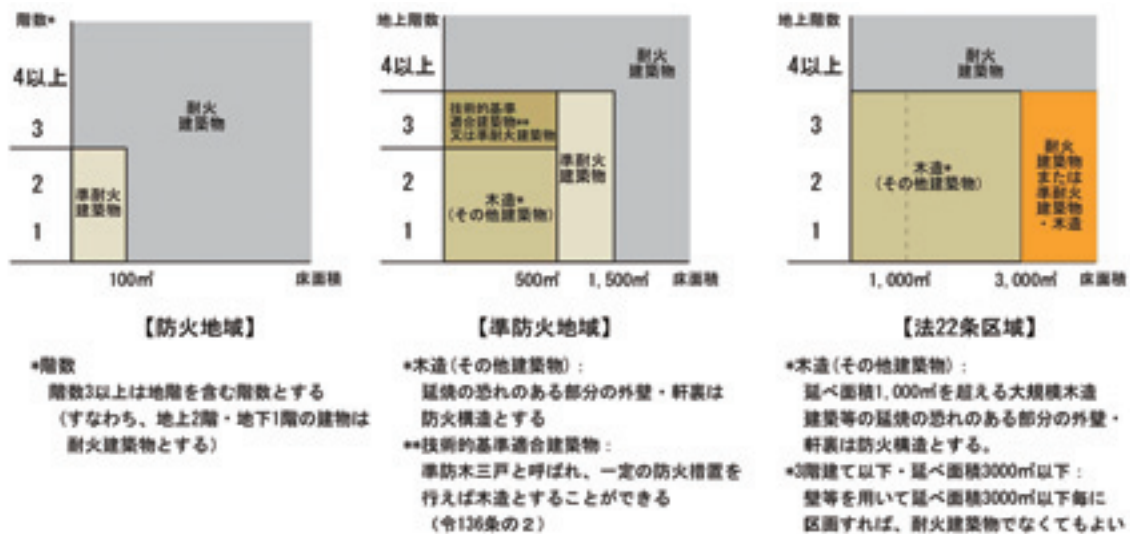


図-3 防火地域規制による構造制限

表-4 建物用途による構造制限(法27条)

用途	主要構造部に必要とされる性能及びその外壁の開口部の防火設備で、大臣が定めた構造方法または認定を受けたものを設けなければならない		耐火建築物としなければならない	耐火建築物または準耐火建築物としなければならない
	用途に供する階	用途に供する部分の床面積の合計	用途に供する部分の床面積の合計(階)	用途に供する部分の床面積の合計(数量)
1 劇場・映画館・演芸場 観覧場・公会堂・集会場	3階以上の階 <sup>※1</sup> 主階が1階にないもの <sup>※1</sup>	客席部分 $\geq 200\text{m}^2$ <sup>※1</sup> (屋外観覧席 $\geq 1000\text{m}^2$ ) <sup>※1</sup>	—	—
2 病院・診療所(患者の収容施設があるもの)・ホテル・旅館・下宿・共同住宅・寄宿舎・児童福祉施設等(幼保連携型認定こども園を含む)	3階以上の階 <sup>※1</sup>	2階部分 $\geq 300\text{m}^2$ <sup>※2</sup> ただし、病院・診療所にあつては、2階以上に患者の収容施設のある場合	—	—
3 学校・体育館・博物館・美術館・図書館・ボーリング場・スキー場・スケート場・水泳場・スポーツ練習場	3階以上の階 <sup>※1</sup>	用途に供する部分 $\geq 2000\text{m}^2$ <sup>※2</sup>	—	—
4 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・物販店舗(>10㎡)	3階以上の階 <sup>※1</sup>	2階部分 $\geq 500\text{m}^2$ <sup>※2</sup> 用途に供する部分 $\geq 3000\text{m}^2$ <sup>※1</sup>	—	—
5 倉庫	—	—	3階以上の部分 $\geq 200\text{m}^2$	用途に供する部分 $\geq 150\text{m}^2$
6 自動車車庫・自動車修理工場・映画スタジオ・テレビスタジオ	—	—	3階以上の階	用途に供する部分 $\geq 150\text{m}^2$ ただし、主要構造部を不燃材料等とした準耐火建築物とする(建令109の3-2)
7 建令116条の表の数量以上の危険物の貯蔵場または処理場	—	—	—	全部

※1 建令110条2号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が耐火構造(耐火建築物)等のもののほか、地階を除く階数が3で、3階を共同住宅または学校等の用途に供するものであって、一定の要件に該当する場合に限って、1時間準耐火構造による準耐火建築物とすることができる(H27国交告253.255)

※2 建令110条1号の基準に適合するものとして、主要構造部等の構造方法が準耐火構造(耐火建築物または準耐火建築物)等のものを定める(H27国交告255)

(注)防火設備の設置を求める外壁の開口部として、延焼のおそれのある部分及び他の外壁の開口部から20分間屋内への遮炎性を有するものを定めている(H27国交告255)

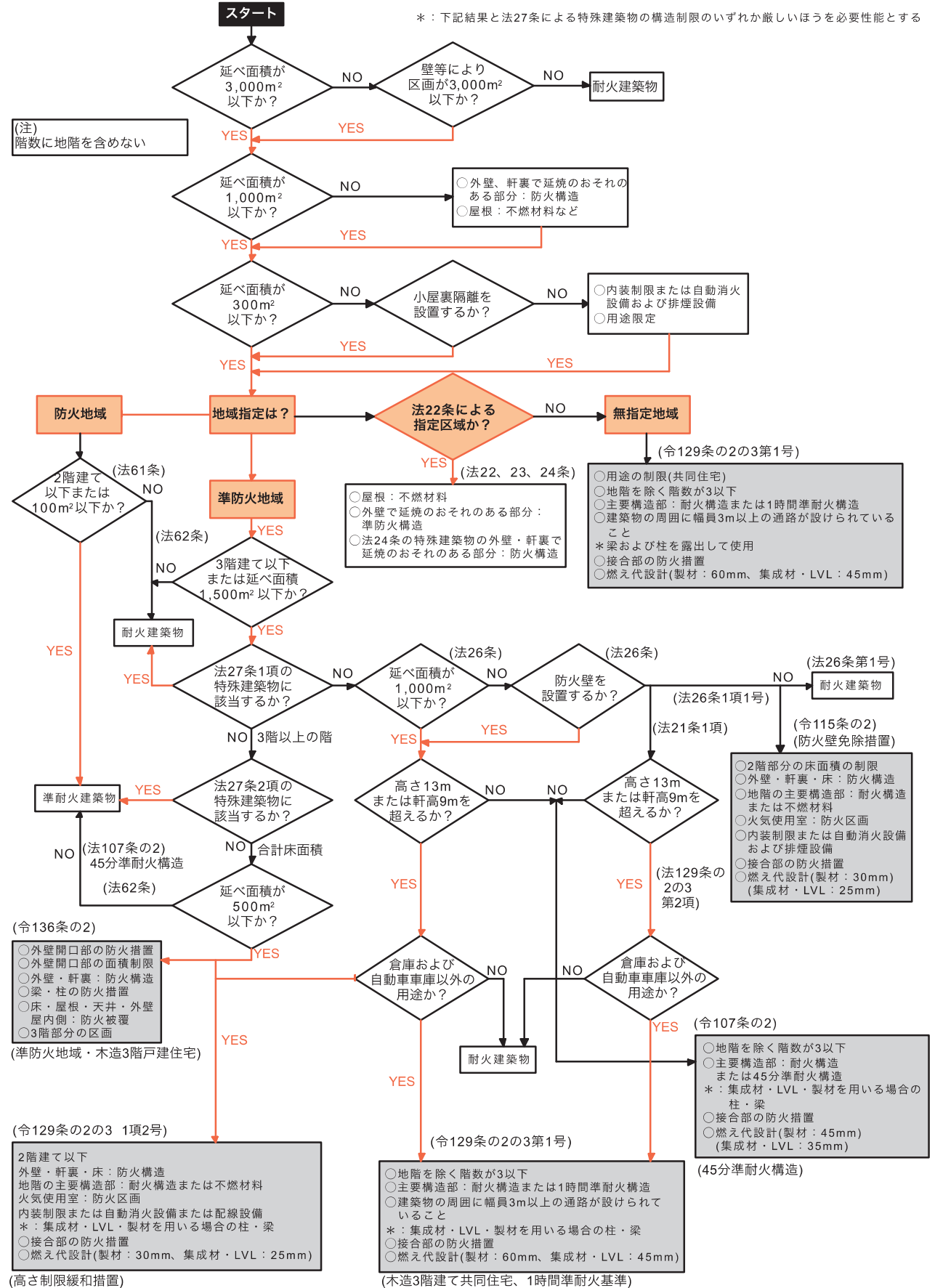


図-4 木造建築の耐防火構造制限のフロー

造や鉄骨造の火災性状に近づけることができ、その結果、木造建築の防耐火性能が向上し火事に強い木造が実現できる（表-3）。

## 2.2 大規模木造に関する法律

構造躯体の燃え方を制御すれば建物は火事に強くなるが、それだけで人命や財産が守れるわけではない。建築基準法では、構造躯体の種別によらず大規模建築に係わる主たる防火規制を以下の項目について定めている。

- ・構造躯体を燃えにくくする“防耐火構造制限”
- ・内装の燃え広がりを抑制する“内装制限”
- ・火災を最小限の面積に留める“防火区画等”
- ・安全に避難するための“避難安全措置”

### 2.2.1 防耐火構造制限

建物の主要構造部（壁、柱、はり、床、屋根、階段）に必要な防耐火性能は、建築地の防火地域規制（図-3）、建物用途による規制（表-4）、建物高さ（法21条）による規制のうち、もっとも厳しいもので決まる。これらの防耐火構造制限をフローチャートで示すと図-4のようになる。ちなみに、2015年6月の建築基準法第21条、27条の改正<sup>1)</sup>により、図-3及び表-4の一部が緩和され、延べ面積3000m<sup>2</sup>を超える建築や、木造3階建ての学校等が耐火建築物によらず木造で建築しやすくなった。

この図-3～4、表-4によると、建物立地や建物規模から、耐火建築物、準耐火建築物、その他建築物（耐火・準耐火建築物以外の建築物）にするべき条件がわかる。

耐火建築物は、図-5のように主要構造部を耐火構造とし、延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備（防火戸等）を設けたものである。現在、木造ではすべての主要構造部について1時間耐火構造の部材が開発されているので、表-5のように最上階から数えて4層までを木造でつくり（写真1～2）。下層階を2時間耐火構造の鉄筋コンクリート造や鉄骨造でつくり、4階建て以上の建物もつくりすることができる。ここ数年、木造による2時間耐火構造の開発が活発であり、柱・はり等から、順次、国土交通大臣認定が取得されはじめている。また、性能設計により、体育館屋根の木造化など火災発生場所と木材を遠く離して着火しないようにする耐火性能検証による耐火建築物も設計可能である。

準耐火建築物（表-6）には、主要構造部を準耐火構造とし、延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備（防火戸等）を設けたもの（イ準耐火建築物）と、外壁を耐火構造として屋根に一定の防火性能を持たせる（ロ準耐火建築物1号）、または、主要構造部を不燃材料等

でつくり（ロ準耐火建築物2号）、延焼のおそれのある部分の外壁開口部に防火設備（防火戸等）を設けたものの3種類がある。ロ準耐火建築物2号を除いて、木造でつくりすることができる。

その他建築物では、建物用途・規模により延焼のおそれのある部分の外壁・軒裏を防火構造とする等の防火措置（法24条、25条等）が必要であるが、柱・はりにはほとんど防火の要求がなくなり、比較的自由に木造の架構をあらわしてつくりすることができる。

### 2.2.2 内装制限

木造によらず、不特定多数が利用する建物や、大規模建築、建物内で火気を使用する部分について、出火時に内装（壁・天井）を介して容易に燃え広がって、避難者が煙にまかれたり火炎に曝されたりしないように、表-7のように内装の仕上げ材が制限されている。特に、避難経路（廊下・階段等）は居室よりも厳しい規制となっている。

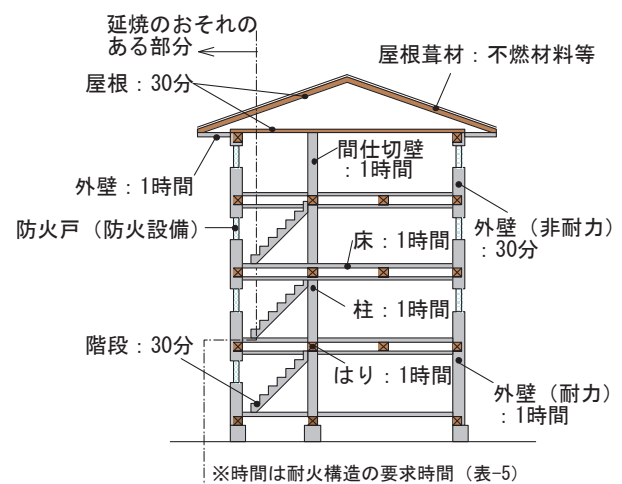


図-5 耐火建築物の構造制限（4階建ての場合）

表-5 階数ごとの耐火構造要求

部 位		最上階から数えた階数	通常の火災		屋内側からの火災	
			非損傷性	遮熱性	遮炎性	
壁	間仕切壁	階数15以上の階	2時間	1時間	—	
		階数5～14の階				
		最上階、階数2～4の階				
	外壁	非耐力壁	—	1時間	—	
		耐力壁	階数15以上の階	2時間	1時間	1時間
			階数5～14の階	2時間	1時間	1時間
非耐力壁	延焼のおそれのある部分	—	1時間	1時間		
	上記以外	—	30分	30分		
柱	—	階数15以上の階	3時間	—	—	
		階数5～14の階	2時間	—	—	
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	—	
		階数15以上の階	3時間	—	—	
床	—	階数5～14の階	2時間	1時間	—	
		階数5～14の階	2時間	1時間	—	
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	—	
はり	—	階数15以上の階	3時間	—	—	
		階数5～14の階	2時間	—	—	
		階数5～14の階	2時間	—	—	
		最上階、階数2～4の階	1時間	—	—	
屋根	—	—	30分	—	30分	
		—	30分	—	—	
階段	—	—	30分	—	—	

ここで、不燃材料、準不燃材料、難燃材料とは、20分間、10分間、5分間、燃えたり、有害な変形・亀裂を起こさず、有毒ガスを大量に放出しない材料をいう。可燃材料である木材をリン酸系やホウ酸系の難燃薬剤（加圧注入）で処理して、不燃材料、準不燃材料、難燃材料の国土交通大臣認定を取得しているものもあり、木材は可燃物だから内装制限のかかる部分に使えないとあきらめ

る必要はない。また、難燃材料が求められる居室においては、高さ1.2m以下の腰壁部は制限の対象にならないし、天井を準不燃材料とすれば壁は木材等（厚さや下地の規制はある。H12建設省告示第1439号）とすることも可能であり、部位によっては難燃処理をしていない普通の木材を使うこともできる。

表-6 準耐火建築物の種類

イ 準耐火建築物（主要構造部準耐火構造）	ロ 準耐火建築物1号（外壁耐火型）	ロ 準耐火建築物2号（不燃構造型）
<p>延焼のおそれのある部分</p> <p>屋根葺材：不燃材料</p> <p>軒裏：45分</p> <p>間仕切壁：45分</p> <p>床：45分</p> <p>軒裏：30分</p> <p>外壁（非耐力）：30分</p> <p>外壁（耐力）：45分</p> <p>柱：45分</p> <p>はり：45分</p> <p>階段：30分</p> <p>防火戸（防火設備）</p> <p>※時間は準耐火構造の要求時間</p>	<p>延焼のおそれのある部分</p> <p>屋根葺材：不燃材料等</p> <p>屋根の構造：20分</p> <p>防火戸（防火設備）</p> <p>外壁：耐火構造</p>	<p>延焼のおそれのある部分</p> <p>屋根葺材：不燃材料等</p> <p>3F床：30分</p> <p>床：準不燃材料</p> <p>外壁：準不燃材料</p> <p>はり：不燃材料</p> <p>柱：不燃材料</p> <p>階段：準不燃材料</p> <p>防火戸（防火設備）</p>
すべての主要構造部を準耐火構造として一定時間建物が崩壊しないようにする 【主に木造】	外壁を耐火構造として、一定時間建物が崩壊しないようにする 【主にRC造、木造】	主要構造部を不燃材料等でつくり、一定時間建物が崩壊しないようにする 【主に鉄骨造】

表-7 特殊建築物等の内装制限

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	階数2以上の住宅・併用住宅 最上階以外の階の火気使用室(*6)	制限の対象とならない(*7)		全部適用	当該室	○	○	
⑧	住宅以外の建築物 火気使用室(*6)	制限の対象とならない(*7)		全部適用	当該室	○	○	
⑨	全ての建築物 無窓居室(*2)	床面積>50㎡			居室、通路、階段等	○	○	
⑩	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。  
 (\*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の項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。  
 (\*6) 調理室・浴室・乾燥室・ボイラー室・作業室その他の室で火を使用する設備又は器具を設けたもの  
 (\*7) 主要構造部を耐火構造としない耐火建築物の場合は、全部適用となる。

### 2.2.3 防火区画等

防火区画や防火壁は、火災時に水平方向や上階に容易に延焼しないように設けるものである。表-8のように耐火建築物や準耐火建築物以外の他の建築物では、延べ面積1000m<sup>2</sup>以内ごとに、防火壁（自立する耐火構造の壁）で区画する必要がある。これにより、出火した建物は燃えてしまうかもしれないが、防火壁により区画された反対側の建物へは延焼しないようにしている。防火壁のつくり方は、図-6のように3通りあるが、屋根や外壁から防火壁が飛び出す場合もあり、建物の外観に影響を与えることもある。

一方、耐火建築物や準耐火建築物では、面積区画（水平方向の区画）、堅穴区画（鉛直方向の区画）、異種用途区画（出火危険度の高い用途との区画）が必要となる。出火した際にできるだけ火災を最小限の面積に留める措置である。面積区画では、耐火建築物・イ準耐火建築物の場合、床面積1500m<sup>2</sup>以内で区画した部分は燃えるかもしれないが、それ以上は容易に燃え広がらないように、また、堅穴区画では、避難経路となる階段に延焼せず、EVシャフトや吹抜を通じて上階に容易に燃え広がらないように考えられている。

なお、建物を耐火建築物、準耐火建築物としなくてよい場合に、延べ面積1000m<sup>2</sup>以内ごとに防火壁を設けたくないときは、準耐火建築物とすれば防火壁の規定はか

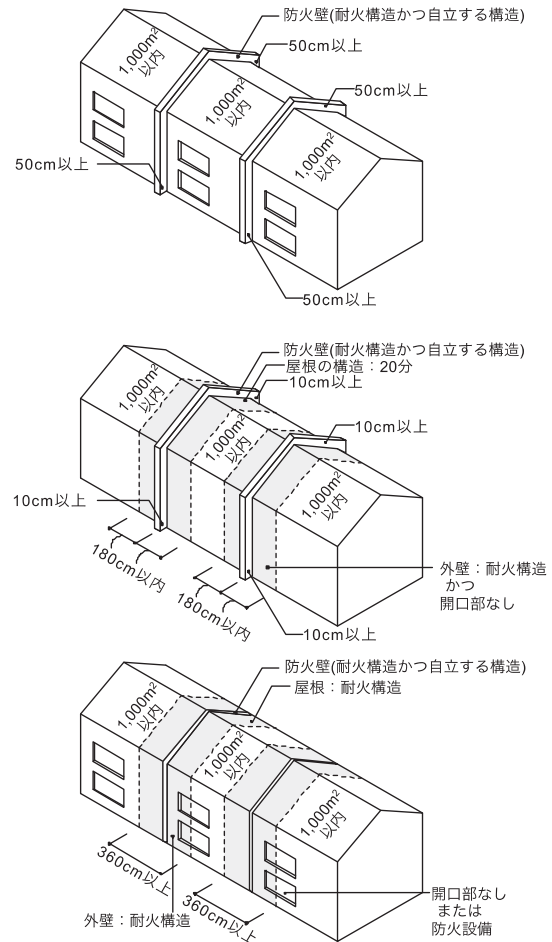


図-6 防火壁の種類（令第113条）

表-8 防火区画の種類

	対象建築物と根拠条文	区画面積	区画の構造		
			床・壁	防火設備	内装(壁・天井)
面積区画	大規模木造建築物（耐火建築物または準耐火建築物以外） 法第26条、令第113条	1,000㎡以内ごと	防火壁 （自立する耐火構造の壁）	特定防火設備 （幅2.5m以下、高さ2.5m以下）	—
	耐火建築物 準耐火建築物（下欄以外の場合） 法第36条、令第112条第1項	1,500㎡以内ごと	耐火構造 準耐火構造（1時間）	特定防火設備	—
	特定避難時間倒壊等防止建築物（1時間以内） 準耐火建築物（法27条または法62条の規定による場合の準耐火建築物で、下欄以外の場合） 令第112条第2項	500㎡以内ごと	準耐火構造	特定防火設備	—
	特定避難時間が1時間以上のもの、不燃構造準耐火建築物（口準耐2号）、1時間準耐火建築物（イ準耐）等 令129の2の3-1-1口の基準適合建築物 令第112条第3項	1,000㎡以内ごと	準耐火構造（1時間）	特定防火設備	—
高層区画	高層建築物の11階以上の階、地下街 各々の部分	100㎡以内ごと	耐火構造	防火設備	—
	令第112条第5項～第7項、令第118条の3第2項、第3項、第5項	200㎡以内ごと	耐火構造	特定防火設備	仕上げ、下地ともに準不燃材料
		500㎡以内ごと	耐火構造	特定防火設備	仕上げ、下地ともに不燃材料
たて穴区画	主要構造部を準耐火構造とした建築物又は特定避難時間倒壊等防止建築物で、地階又は3階以上の階に居室を有する建築物 令第112条第9項	メゾネット型の住戸、吹き抜き部分、階段、昇降路、ダクト部分とその他の部分の区画	準耐火構造（耐火構造）	防火設備	—
異種用途区画	法24条の用途部分（学校、映画館、公衆浴場、マーケット、自動車庫、百貨店、共同住宅、寄宿舎、病院、倉庫等）と他の部分 令第112条第12項		準耐火構造の壁	防火設備	—
	法27条の規定により、耐火建築物または準耐火建築物とした部分とその他の部分 令第112条第13項		準耐火構造（1時間）	特定防火設備	—

からない。ただし、延べ面積300m<sup>2</sup>以上の建物の桁行12m以内ごとに必要な小屋裏の準耐火構造の隔壁は原則として必要である。

また、火災時に水平方向へ容易に延焼しないようにする手法として、建物の棟を分けて、別棟でつくるのが考えられる。この別棟は表-9のように、完全分離別棟、渡り廊下別棟、通達による別棟の3通りがある。完全分離別棟はそれぞれの棟が独立しているので、建物間の距離を保って延焼防止する。

この際、建物の防耐火要求は棟ごとの規模・階数に応じてかかる。一方、渡り廊下別棟や通達による別棟は、建物が一体としてつながっているが、接続部分について一定の構造・防耐火措置をし、お互いの建物間の延焼を抑制することにより、便宜的に棟が分かれているとみようというものである。

この場合も建物の防耐火要求はそれぞれの棟の規模・階数に応じてかかる。そのため、たとえば、一棟のみで耐火建築物が要求される建物であっても、渡り廊下別棟や通達による別棟で設計することにより、それぞれの棟は準耐火建築物やその他建築物で設計できる。この渡り廊下別棟や通達による別棟は、行政庁ごとに取扱いが異なることもあるため、この方法で設計をしたい場合は、設計の早い段階で建築主事等と打ち合わせをすることが必要だろう。

2015年6月の改正基準法施行<sup>1)</sup>により、延べ面積3000m<sup>2</sup>を超える建築物も壁等（前述の防火壁の耐火性能がさらに高いもの）で区画することで、耐火建築物によらず設計できるようになった（図-7）。この場合、建物は一棟として考えるため、階段等の避難施設は建物全体で計画できるが、前述の別棟の場合は、建物がいくつかに分かれるので、棟ごとに避難施設が完結することが原則となる。

2.2.4 避難安全計画

木造によらず、火災時に消防隊の消火・救助活動を容易にしたり、利用者が安全に避難できるよう、非常用出入口、二方向避難（2以上の階段等）、敷地内通路等を設ける。非常用出入口は火災時に外部から消防隊が進入するために、3階以上の階の道路に面した部分に40m以内ごとに1カ所以上設ける。この非常用出入口を設けられない場合は、道路に面した部分の10m以内ごとに1カ所以上、代替出入口を設けてもよい。この非常用出入口や代替出入口は、格子や網入りガラス入りのはめ殺し窓など、進入の妨げになる構造はさけて、外部より開閉できるか、ガラスを割って進入できるようにする。

表-9 別棟扱いの種類

完全分離別棟	構造体種類によらない	
渡り廊下別棟	構造体種類によらない	
通達による別棟	木造特有	

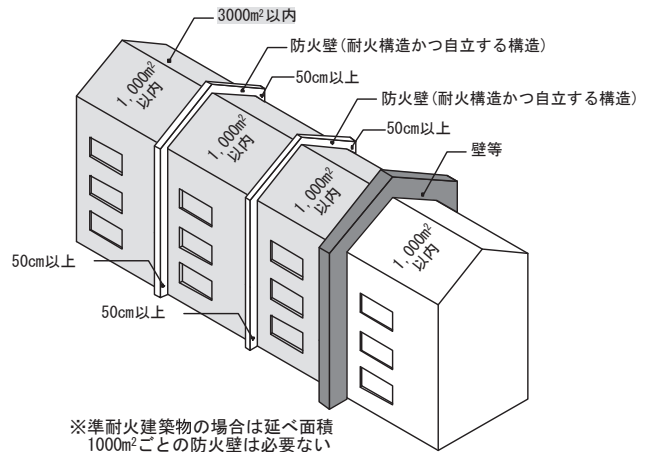


図-7 壁等区画による耐火建築物要件の緩和（法21条）

また、火災時にひとつの避難経路が閉ざされたとしても別のルートで避難できるよう建物用途や主要構造部の構成材料により2以上の直通階段（令120条）を設置する。

建物から無事避難が完了した後、敷地内を歩行して道路まで安全に避難したり、消防車の進入を容易にするために、同一敷地内の建物間や建物と隣地境界線の間、建物出入口から道路までの間に表-10のように有効幅1.5mまたは3m以上の敷地内の通路を設ける必要がある。耐火建築物・準耐火建築物以外の大規模木造建築物の場合建物間や建物と隣地境界線間に通路が必要となる。



### 3. 木造準耐火建築物・耐火建築物の設計事例

防耐火設計された大規模木造建築の設計事例を紹介する。

#### 3.1 耐火建築物

建築基準法では、耐火建築物とする手法として、以下の3つのルートが位置づけられており、それぞれのルートについて、①及び②の要件を満足する必要がある。

(1) ルートA (仕様規定によるもの、**図-5**、**写真-1**～**4**)

①各主要構造部(壁・床・屋根・柱・はり・階段の6部位)を“耐火構造”とする(法2条九号の二イ(1))。

②延焼のおそれのある部分の外壁開口部を“防火設備(令109条)”とする。

(2) ルートB (国土交通省告示の耐火性能検証法によるもの：性能設計)

①主要構造部について、国土交通省告示の耐火性能検証法により安全性を確かめる(法2条九号の二イ(2))。

②延焼のおそれのある部分の外壁開口部を“防火設備(令109条)”とする。

(3) ルートC (高度な設計法として国土交通大臣が認めるもの：性能設計、**写真-5**)

①主要構造部が、基準に適合するものとして、国土交通大臣の認定を受けた構造とする(法2条九号の二イ(2))

②延焼のおそれのある部分の外壁開口部を“防火設備(令109条)”とする。

ルートAはどのような用途・形態の建物でも適用できる設計法であり、鉄筋コンクリート造や鉄骨造を含む耐火建築物のほとんどがこれで設計されている。一方、ルートBやルートCはドーム建築や体育館など、室内の可燃物量が比較的少なく、天井が高い建物の屋根(小屋組)部分を木造とする場合に使える設計法である。アリーナや客席など火災が発生する部分から木造部分を十分(約5.6m以上)に離して着火しないように設計するものである。これまでの木造耐火建築物の建築実績はルートAが3,500棟以上、ルートB・ルートCは合わせて20～30棟程度と推測される。

ルートAで設計する場合、1時間耐火構造の部材として、**表-11**の3種類が実用化されている。方策1の被覆型(**写真-1**～**2**)は、強化せっこうボード総厚36～42mmで木造の構造躯体を耐火被覆して、火災時に木材に着火しないようにしたものである。準耐火建築物の延長上で設計・施工できるので、3つの方策のうちでもっとも使いやすい手法といえる。2014年8月に外壁・間仕切壁に

表-10 敷地内通路の要件

対象建築物	適用条件	通路の位置	通路幅(m)
① 特殊建築物 中高層建築物 無窓居室 大規模建築物	劇場・映画館・病院・診療所(病室のあるもの)・ホテル・共同住宅・保育所(幼保連携型認定こども園を含む)・寄宿舎・学校・体育館・百貨店・マーケット・展示場・遊技場など 階数 $\geq 3$ 無窓居室を有する建築物 採光有効面積 $< 1/20 \times$ 床面積 排煙有効面積 $< 1/50 \times$ 床面積 延べ面積 $> 1,000\text{m}^2$ ただし、2棟以上有るとき、それらの延べ面積の合計 $> 1,000\text{m}^2$	避難階の出口及び屋外避難階段から道路に通じる部分	$\geq 1.5\text{m}$
② 大規模な木造建築物等 主要構造部を耐火構造等とした場合は除外	(1)1棟の延べ面積 $> 1,000\text{m}^2$ (2)2棟以上の延べ面積の合計 $> 1,000\text{m}^2$ (耐火建築物、準耐火建築物、延べ面積 $> 1,000\text{m}^2$ のものを除く。) (3)耐火建築物又は準耐火建築物が有効に連っている場合	建築物相互間及び隣地に面する部分	$\geq 3\text{m}$ 延べ面積の合計 $1,000\text{m}^2$ 以内ごとの建築物に区画し、区画相互間に3m以上の通路が必要 (3)の耐火・準耐火建築物が木造建築物等を延べ面積 $1,000\text{m}^2$ 以内ごとに有効に区画している場合、(2)の規定は適用しない。

ついて、木造の耐火構造が告示化(H26国土交通省告示第861号)されたが、他の主要構造部については、軸組工法であれば日本木造住宅産業協会、枠組壁工法であれば日本ツーバイフォー建築協会からの国土交通大臣認定を使用することになる。詳細は両協会に問い合わせされたい。**写真-1**～**2**の建物では、構造躯体のうち、鉛直力を負担する部材(主要構造部)と水平力のみを負担する部材(筋交いや耐震パネルなど)を分けて、火災時に建物崩壊につながる鉛直力負担部材のみを耐火被覆し、水平力負担部材は無被覆とする設計手法をとっている。

方策2の燃え止まり型は、火災時に表面の木材に着火するが、火災終了後は部材の内部に設けた燃焼を停止させる部材により自ら消火し、残った断面で建物の自立を保つものである。木材の断面をどれだけ大きくしても、一旦火がつくと容易に自消しないため、燃焼を停止させる部材や措置を必ず設ける必要がある。柱とはりについて、モルタル(竹中工務店、カラマツ等、**写真-3**)や難燃薬剤処理木材(鹿島建設等、スギ)を木材の燃焼を停止させる部材として用いて国土交通大臣認定が取得されている。

方策3の鉄骨内蔵型は、鉄骨を木材で耐火被覆したもので、火災時に木材は燃焼するが、熱容量の大きい鉄骨に裏面から吸熱されて、途中で木材の燃焼が停止する。鉄骨の温度も強度が低下するほど上昇しないため、建物の自立は鉄骨で保つ。柱・はりについて、カラマツ、ベイマツを用いて日本集成材工業協同組合が大臣認定を取得している(**写真-4**)。なお、スギでは所定の耐火性能を確保することが現状は難しく大臣認定は取得されていない。

建築実績は、被覆型が3,500棟以上、燃え止まり型が8棟程度、鉄骨内蔵型は5棟程度である。

耐火建築物で大規模木造を設計する際には、耐火被覆材の貫通・穴明けが制限されたり、建物重量が重くなり耐震性能の確保が難しくなったりするため、早い段階から、設備設計、構造設計とのすりあわせが必要である。特に被覆型の大規模木造建築では、設備配管等について二重壁、二重天井とするなどして、できるだけ耐火被覆材を貫通しない納まりとすることで自由な設備計画が可能となるが、階高の確保など建物全体の計画に関わるので基本設計段階から配慮しておきたい。

### 3.2 準耐火建築物

木造で準耐火建築物を設計する場合、主要構造部を準耐火構造とするイ準耐火建築物（表-6、写真-6）とする場合が多いが、外壁を耐火構造（木造でも可能）とした、ロ準耐火建築物1号（表-6、写真-7）とすることも可能である。

イ準耐火建築物では、もともと枠組壁工法で主流であったメンブレン（薄い膜という意味）方式で構造躯体を連続的に耐火被覆して所定の防耐火性能を確保することが多いが、この際、木材を耐火被覆に使うことも可能である。たとえば、準耐火構造の告示（H12建設省告示1358号、H27国土交通省告示253号）では、床の上面被覆、軒裏、階段等に木材の厚さをとって燃え抜けや崩壊を抑制する仕様が例示されている。また、柱・はりについては、燃えしろ設計（S62建設省告示1901号,1902号）が適用でき、火災時に燃えるであろう厚みを予め構造上必要な断

面に付加して、せっこうボード等の耐火被覆を不要としている。これは、木材内部への燃え進み方が緩慢（内部方向への燃焼速度が0.6~1.0mm/分）な性質を工学的に評価したもので木材による木材の耐火被覆といえる。

燃えしろ寸法は、要求される防耐火性能により表-12のように規定されており、この燃えしろ寸法を用いて、表-12右のフローにそって、部材の断面を設計する。スパンや負担荷重にもよるが、柱では、2階建てで150mm角~、3階建てで180mm角~となることが多い。また、近年、CLT（直交集成板）やLVL（単板積層板）といった厚さ150mmほどの木材（主にスギ）の厚板を壁や床に使い、木材あらかわしで準耐火構造とする方法が技術開

表-11 木造による耐火構造の方策例

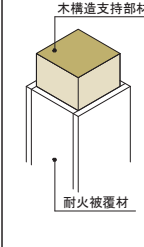
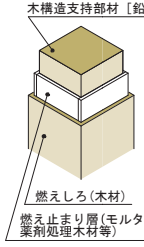
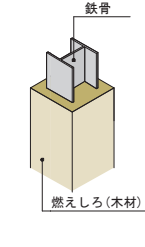
	方策1(被覆型)	方策2(燃え止まり型)	方策3(鉄骨内蔵型)
概要			
構造	木造	木造	鉄骨造+木造
特徴	木構造部を耐火被覆し燃焼・炭化しないようにする	加熱中は燃えしろが燃焼し、加熱終了後、燃え止まり層で燃焼を停止させる	加熱中は燃えしろが燃焼し、加熱終了後、燃えしろ木材が鉄骨の影響で燃焼停止する
樹種	制限なし	スギ、カラマツ等	ベイマツ・カラマツ
部位	外壁・間仕切壁・柱・床・はり・階段・屋根	柱・はり	柱・はり
実績	3500棟以上	約8棟	約5棟



写真-3 燃え止まり型耐火建築物（ルートA）  
（大阪木材仲買会館）



写真-4 鉄骨内蔵型耐火建築物（ルートA）  
（大分県立美術館）



写真-5 ルートCによる耐火建築物  
（草薙運動公園体育館）

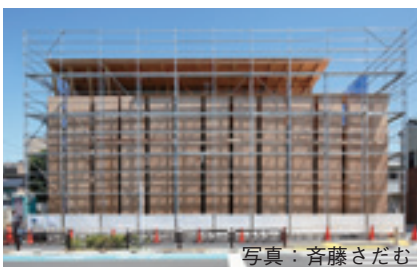


写真-6 LVLによるイ準耐火建築物  
（みやむら動物病院）



写真-7 屋根木造準耐火建築物1号  
（群馬県農業技術センター）



写真-8 木製カーテンウォールによる  
イ準耐火建築物（鉄骨造）

表-12 柱・はりの燃えしろ寸法と設計フロー

	集成材、LVL	製材
大規模木造建築物 <small>(法21条、令第129条の2の3、 S62建告第1901号、1902号)</small>	25mm	30mm
準耐火構造 <small>(H12建告第1358号)</small>	35mm	45mm
1時間準耐火構造 <small>(H27国告第253号)</small>	45mm	60mm

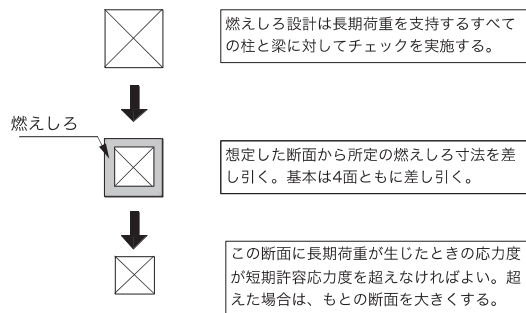


表-13 CLT等厚板による1時間準耐火構造外壁の手法

	被覆型	木材あらし型	カーテンウォール型1	カーテンウォール型2
断面				
壁種別	耐力壁	耐力壁	非耐力壁	非耐力壁
構造種別	木造	木造	木造	鉄骨造
実用化された厚板種類	CLT、LVL、集成材パネル(告示)	LVL(大臣認定・全国LVL協会)、 集成材パネル(告示・柱のもえしろ設計)  CLT(告示・燃えしろ設計) →来年度以降	CLT(大臣認定・ CLT建築推進協議会) LVL(大臣認定・全国LVL協会)	集成材パネル(大臣認定・協和木材)

発されてきた。LVLについてはすでに全国LVL協会により、1時間準耐火構造の大臣認定が取得され実用化されている(写真-6)が、CLTについても、2014年度に国土交通省による燃えしろ寸法の検討実験が実施されて、CLTの基準強度が決まり次第、CLT・LVL・集成材パネルに適用できる壁・床・屋根の燃えしろ寸法が告示化される予定である。このCLT等の厚板の使い方には、表-13のように、耐力壁(鉛直力支持する壁)と非耐力壁(柱・はりが鉛直力を支持する壁)が想定される。木造躯体に取り付けるだけでなく、表-13右欄のように、スギ集成材パネルの非耐力壁を鉄骨造の柱・はりにALCパネルと同じ要領で取り付ける技術で準耐火建築物をつくることもできる(写真-8)。

一方、口準耐火構造1号とする場合は、外壁を耐火構造として、延焼のおそれのある部分の屋根を準耐火構造等とすれば、その他の部位は特に防耐火性能の要求はないので外壁以外をあらわしの木造で設計しやすい(写真-7)。なお、外壁については、木造の耐火構造が告示化されたこともあり、必ずしも外壁を鉄筋コンクリート造

や鉄骨造とする必要はないが、木造の場合、外壁屋内側の耐火被覆が床や屋根との接続部で、途切れない納まりにするなど耐火構造としての要求性能(火災で壊れない)を満足するための配慮も必要といえる。

### 3.3 その他建築物(耐火・準耐火建築物以外)

前述の別棟の取り扱い(表-9)を使うと、建物全体では準耐火建築物以上の要件がかかる場合でも、耐火構造の壁などで区画して棟を分けることにより、その他建築物で設計できる。別棟の取り扱いは、2階建て以下の小学校に適用されることが多く、建物中央部に配置した給食室(火気使用室)と音楽室(遮音性能が必要な室)を鉄筋コンクリート造(耐火構造)でつくるなど、平面計画と延焼防止をうまく配慮した建築も増えてきている。

ここで紹介した大規模木造建築は、構造躯体のすべてを木造化したものは少ない。大規模建築では、建物用途、スパン、各種性能(耐震、防耐火、遮音など)、施工性など配慮すべき要素も多いため、鉄筋コンクリート造や鉄骨造を適材適所に用いて混構造とすることでより設計自由度の高い木造建物を実現できるためと考えられる。

## 4. 近年の技術開発の現状と今後の可能性

### 4.1 木造3階建て学校の実大火災実験<sup>2)</sup>～5) など

2010～2013年度にかけて、国土交通省「木造建築基準の高度化推進事業」（早稲田大学、秋田県立大学、住友林業、三井ホーム、現代計画研究所、（国研）建築研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所）による木造3階建て学校実大火災実験をはじめとする実験的検討が行われた。その成果により建築基準法第21条及び第27条が改正され、延べ面積3000m<sup>2</sup>を超える建築物が3000m<sup>2</sup>以内ごとに壁等（防火壁）で区画することにより、耐火建築物によらず設計可能となるとともに、木造3階建て学校が1時間準耐火建築物等で設計可能となった。この改正により、その他建築物の3階建て事務所や、1時間準耐火建築物の3階建て学校・美術館・博物館・図書館・共同住宅・寮等が面積制限なく建築可能となった。

この検討では、3階建て学校の実大火災実験が目玉をされているが、それ以外にも1時間準耐火構造の部材レベルの加熱実験が相当数実施されて、今後、告示化が検討されることになる。たとえば、厚物構造用合板や仕上げ木材による防火被覆の壁・床や、木材厚板壁、土塗り壁などが挙げられる。

### 4.2 厚板壁・合わせ柱等の燃えしろ寸法検討<sup>6)</sup>

昨年度より、国土交通省「建築基準整備促進事業」において、CLT等厚板壁の燃えしろ寸法の検討が行われている。昨年度は厚板をあらわしそのまま使う手法が、今年度は配線スペースなどを考慮して厚さ12.5mm程度のせっこうボードを張る場合に燃えしろ寸法を低減できないかが検討され、今後、厚板壁構造に適した燃えしろ設計手法が告示化される見込みである。あわせて、今年度は住宅用の105～120mm角の柱・はりを束ねた合わせ柱、合わせはりの燃えしろ設計の可能性が検討されており、より自由度の高い設計ができるようになるだろう。

### 4.3 木造による2時間耐火構造の技術開発

昨年度より、木造の2時間耐火構造部材の開発が活発となってきた。今年度中にはすべての主要構造部について大臣認定の取得がされ実用化される予定である。最上階から数えて5～14層までの主要構造部に使用できるため（1～4層は1時間耐火構造）、14階建ての純木造を建築することができる。ただ、中層建築物の実現には、耐火性能だけでなく、耐震性、居住性、遮音性、施工性など他の性能とのすりあわせも必要であり、それらを一つずつ検証→改善→再検証→実用化し、解決していく必要があるだろう。

## 5. おわりに

本報では、大規模木造建築の防耐火設計手法について、現状の法令の範囲で実現可能なことを中心にまとめるとともに、近年の技術開発により今後、設計自由度が広がる可能性のある技術について紹介した。現在、大規模木造の建築ラッシュが続いているが、“つくる”ことに一生懸命なのは重要であるが、つくった後に、“つかう”こと、次世代に“つなぐ”ことも重要である。木材は経年変化する材料であり、雨がかかる部分や紫外線があたる部分は劣化する。“つくる”段階から、メンテナンス計画や経年変化対策も含めた、“建物が愛されて、つかい続けられ、次世代につないでいく工夫”を考えておく必要があるだろう。寺社仏閣を中心に先人が数百年～数千年間、木造を残し、使い続けてきたことを今一度見直し、参考にできることは、現代に合うようにアレンジして積極的に取り入れることも重要であろう。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省ホームページ  
<http://www.mlit.go.jp/common/001087659.pdf>
- 2) 国土交通省国土技術政策総合研究所ホームページ  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/kasai/h23/top.htm>
- 3) 長谷見雄二、安井昇ら：木造3階建て学校実大火災実験（予備実験）（その1～14），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2012
- 4) 長谷見雄二、安井昇ら：木造3階建て学校実大火災実験（準備実験）（その1～23），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2013
- 5) 長谷見雄二、安井昇ら：木造3階建て学校実大火災実験（本実験）（その1～24），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2014
- 6) 河合誠、安井昇ら、：CLTパネルを用いた建築物の防耐火技術の開発（その1～12），日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2015

### 【執筆者】



\*1 安井昇  
(YASUI Noboru)