

## 木造建築の防耐火性（木造建築は火災に弱くない）

### ○ テーマシート

3-1 はじめに

3-2 火に対する木材の性質

3-3 建築火災の成長過程とその対策

3-4 防耐火構造制限から見る中大規模木造

3-5 防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷

3-6 中規模木造建築の実火災の例

3-7 木質耐火構造部材の例

3-8 まとめ

### ○論文シート

### 3-1 はじめに

木造建築が他の構造種別より火災に弱いという印象は、過去の大火に古い木造建築が多く関わっており、甚大な被害を生じた経験から一般に植え付けられているものであると考えられる。防耐火性能に関する基準が定められていないような時代には、そもそも建築物のほとんどが木造である。その後防耐火性能に関する基準が定められ、鉄骨造・鉄筋コンクリート造が技術的に建築可能となった時代においても、戸建て住宅等の防耐火に関する規制がかからないような小規模建築物には木造が多い。そのような古い木造住宅では、可燃性収納物から内装材・構造躯体等へ火炎が伝搬する過程で局部的に燃焼を留める工夫が施されていないため、消防力の低い時代・地域においては大火災に繋がる要因となることがある。

一方、公共建築物等における木材利用促進法などによって需要が高まりつつある中大規模木造建築においては、防耐火に関連する様々な法規を満たして設計されるため、その防耐火性能は決して低くない。関連法規は木造建築に対しても他種構造と同様の性能を求めており、必要性能を担保できる仕様・工夫をもってすれば、木造建築であっても他種構造と同等の安全性を確保することが可能である。近年、耐火構造建築物としての必要性能を満たせるような木質構造部材の技術開発等も種々行われているような状況であり、実験的にもその防耐火性能が裏打ちされている木造建築物は、他の種構造に比べても「火災に弱くない」といえる。

本テーマでは、以下のような観点から、現代の法基準に従って建築された中大規模木造建築物が「火災に弱くない」といえることを説明することを目的とする。

- ・火に対する木材の性質
  - －加熱に対して木材の燃焼速度は遅く、急激に耐力低下を起こさない
- ・建築火災の成長過程とその対策
  - －火災の成長を遅らせる対策は構造種別毎に相違ない
- ・防耐火構造制限から見る中大規模木造
  - －現代の建築基準法が求める性能は構造種別毎にも同一である
- ・防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷
  - －法に適合した中大規模木造の防耐火性能は実大実験等によって裏打ちされている
- ・中規模木造建築の実火災の例
  - －燃えしろ設計された準耐火構造木造は実火災においても必要性能を満たしている
- ・木質耐火構造部材の例
  - －他の構造種別と同等の性能を有する木質耐火構造部材（柱・梁）は実現している

### 3-2 火に対する木材の性質<sup>1),2)</sup>

そもそも「燃焼」とは、化学的には熱の流れを伴った急激な酸化と定義することが出来るものである。燃焼にも火炎を伴うものとそうでないものがあるが、一般的には、炎やそれによる発光を伴うものと認識されており、この現象を木材に対して説明すれば次のようになる。木材を加熱すれば、初めは化合物でない水分が空気中に飛散し、その後180度前後にて可燃性の分解ガスが発生して、熱分解が盛んとなる260度を超えると、着火源がある場合には引火し、そうでない場合でも表面温度が490度前後になると発火することとなる。厳密に言えば火炎は空気中に生じており、対して木材表面では熱分解によって炭化層が形成される。こういった現象が三次元的に拡張し火炎が伝播することで「燃えている」と表現される状態となる。このことは有機質材料では同様に生じる現象であり、自身が熱源となって周囲へ燃焼が拡大する性質は、無機質材料（構造材料で言えば鋼材・コンクリート）との差異である。

しかし、外的な加熱を要因とする、構造部材としての木材の強度低下に関する性能は、鋼材に勝っていると言える。高温下における機械的性質については有機・無機質材料でも、その性能は低下するのが一般的である。その温度と機械的性質に対する性能曲線に差はあるものの、特に鋼材については350度程度で弾性限界荷重が約半分になることが知られており、高温に弱い材料であると言われている。木材でも熱分解が盛んとなる200度～300度を超えると健全状態の2割程度の強度となるものの、熱伝導率が鋼材に比して1/1000倍もの倍率であるために、同様の加熱条件であれば図1のような時間経過-強度低下の関係となる。このことは先述の木材表面からの炭化層の形成にも関係があり、形成された炭化層の熱伝導率は木材の1/2～1/3であることから、木材の内部方向への燃焼速度（受動的には炭化速度）は比較的緩慢（一般に0.6mm/min程度）であり、この効果によって木材は急激な強度低下を抑制される。したがって、ある程度の断面を有する木質構造部材が火災による加熱をうけたとしても、消火活動までの間に、同部材が強度低下によって損傷し、それに起因して建築構造が崩壊するような状況には繋がりにくい。

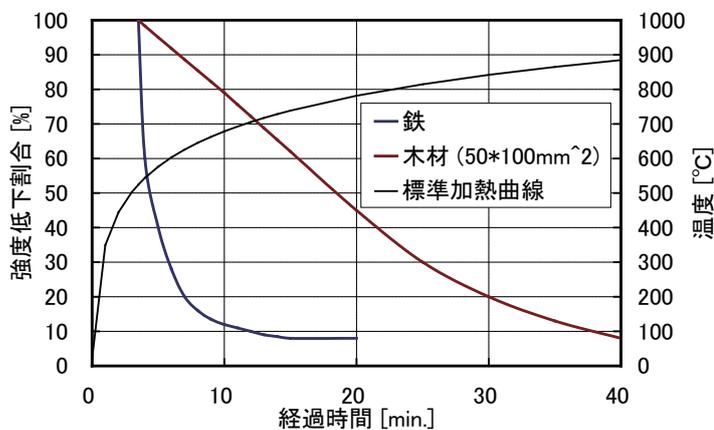


図1 材料の加熱による強度の低下<sup>3)</sup>

### 3-3 建築火災の成長過程とその対策

構造種別に関わらず、建築火災は同様の成長過程を辿る。その初期段階は何らかの熱源による可燃物への着火であり、その後の火災成長には各部への「延焼」が深く関係している。仮に大火災となる場合には、その成長過程は以下の通りとなる。4)

1. 出火室内での延焼拡大
2. 他室への延焼拡大
3. 建物全体への延焼拡大
4. 類焼（他の建物への延焼拡大）

いずれの段階においても延焼拡大の要因は火炎の可燃物への伝播であり、その伝搬経路の有無によって火災の成長速度は大きく異なる。1. では主に収納可燃物の量や配置、2. では内装材の材料種別、壁や天井の燃え抜け、出火室の開口部位置、3. では防火区画境界の性能や構造躯体の燃焼の可否、4. では類焼側の外装の防火性能等が、その延焼性状に大きく関与することとなる。

また一方で、火災に対する建築物への要求性能の根底は、人命の保護にある。その要求を満たすためには、上記した各段階で火災の成長を緩慢にさせて避難行動に支障を来さないこと、またその間に建物を倒壊させないことが重要となる。したがって、建築基準法上の要求性能は建築物の用途・地域・規模、対象部位によっても異なるが、基本的には以下のようなことが個の建築物の防耐火性能を向上させる対策となる。

- ・内装の不燃化：出火室での火災成長の遅延、出火室から他室への延焼の抑制
- ・防火区画の設定：他室・他階等、隣の区画への延焼の抑制
- ・部材への耐火性能の付与：燃え抜けの防止、加熱による構造性能低下（倒壊）の防止

上記した火災成長の過程、防耐火性能の向上に関しては、構造種別に対して変わるものではなく、用途や規模に依存する部分が多い。例え木造建築物であっても防耐火性能の向上に関する対策は十分可能である。特に内装の不燃化・防火区画の設定については構造種別毎に同様の対策となることが容易に想像できるし、部材への耐火性能の付与についても、木質構造部材で要求性能を満たせることは実験的に明らかとなっている。建築基準法での要求性能も構造種別毎に差異は無く、必要な性能を担保した木造建築物は他種の構造と同等の防耐火性能を有していることになる。

### 3-4 防耐火構造制限から見る中大規模木造

先にも示したように、建築基準法が建築物に要求する防耐火性能は構造種別毎に違いは無く、その主要構造部に必要な防耐火性能も建築地の防火地域規制（各地域における階数・規模と規制の関係を図2に示す）、建物用途による規制、建物高さによる規制のみで決定される。図2からもわかるように小規模な住宅等の木造建築物は、防耐火に関する規制がほとんどかからなく、最低性能が保証されていない場合があるが、逆に中大規模木造は規模や階数・用途から、法規上準耐火建築物あるいは耐火建築物としなければならないことが多い。

準耐火構造建築物・耐火構造建築物は、いずれも一定時間火炎にさらされても、その時間内に建物が崩壊せずに立ち続けることが求められる構造であり、表1のように主要構造部の耐火時間が規定されている。ただし準耐火建築物では、所定時間以後の防耐火性能を求められていないが、耐火建築物では原則として構造躯体は燃えないこととされており、地震火災等で消防活動が期待できない場合でも、それ以後崩壊に至らず自然に燃え止まることが求められている。近年、表1に示す耐火性能を有しながら、その後も燃焼し続けずに燃え止まるような木造の主要構造部材はいくつも開発されており、実際に鉄筋コンクリート造と同等の耐火性能を満足する耐火建築物は建築可能となっている。

建築地域や用途によっても異なるが、防耐火構造制限は構造種別に関わらずその構造躯体に同等の防耐火性能を求めており、その性能を主要構造部に付加することで、他構造種別と同様の火災性状となるような木造建築物が建築可能である。

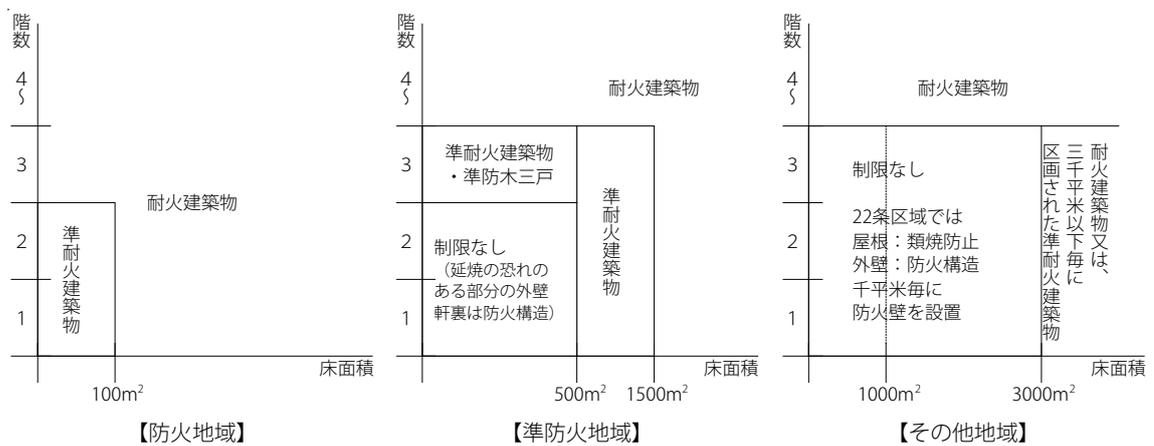


図2 防火地域規制と規模による構造制限（文献5）図2を元に作成）

表 1 構造形式・部位と要求耐火時間（文献 5）表 1 を元に作成）

部位			耐火構造	準耐火構造	防火構造	準防火構造	
壁	間仕切壁	耐力壁	1,2時間	45分,1時間	—	—	
		非耐力壁	1時間	45分,1時間	—	—	
	外壁	耐力壁	1,2時間	45分,1時間	30分	20分	
		非耐力壁	延焼の恐れのある部分	1時間	45分,1時間	—	—
			それ以外の部分	30分	30分	—	—
柱	1,2,3時間	45分,1時間	—	—			
床	1,2時間	45分,1時間	—	—			
梁	1,2,3時間	45分,1時間	—	—			
屋根	30分	45分,1時間	—	—			
軒裏	延焼の恐れのある部分		30分	45分,1時間	30分	—	
	それ以外の部分			30分	—	—	
	階段		30分	30分	—	—	

### 3-5 防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷

近年、中大規模木造建築物にとっての最も大きな法規の改正は2000年の性能規定化である。性能基準を満たせば構成材料を問わずに耐火構造部材の大臣認定を取得できることとなり、必要な防耐火性能を有した木造の耐火構造建築物が、その仕様について法的な制限を受けずに建築可能となった。しかしこの性能規定化までには、火災被害や防耐火に関する研究、社会背景などから、木造建築物を取り巻く環境は紆余曲折を経ている。

そもそも過去の我が国の建築物に対しては、様々な状況下で火災被害を被っている。例えば、江戸時代では慶長から慶応に至る270年間に、三大大火に代表されるように火元から焼け終わりまでの距離が15町（約1.6km）以上の火事が93件あったとされている。その後も市街地での大火は、昭和初期まで関東大震災によるものなどいくつも発生し、さらには大戦下では空襲によって全国で何百万という建築物が消失している<sup>6)</sup>。これらが全て木造建築物であったが故の被害と関連づけられる訳ではないが、当時の我が国の建築物が木造主体であったことは周知の事実である。木造建築物、特に木造住宅は多く焼失しており、当時の木造建築物が防耐火性の点で脆弱であったのは間違いないと考えられる。当時の研究である、空襲等の外部からの飛び火による類焼の防止を目的とした改修用の防火木材の開発<sup>7)</sup>などからも、木造住宅には防耐火性能が考慮されていなく、後付け的に耐火性能を付与させることに仕方が無いという当時の状況が伺える。

そうした中で1919年の市街地建築物法の制定、1948年の建築基準法交付、1959年の改正等によって、防火地域や防耐火に関する仕様条件等が規定され、木質材料は必要性能を担保できないとして耐火構造や不燃材料から排除されるなど、防耐火性能を考慮しなければならないような規模や用途（前節の図2に示すような）の木造建築物は実質的に建築出来ないこととなった。しかし、その後1970年代後半より、消費者ニーズや地域振興および日米林産物協議等の理由から木造に関する防火規制の見直しが行われ、基準法の改正と共に、中規模以上の木造が建築出来る環境が整えられ始めた。1987年には、「燃えしろ設計」※の考え方を適用した大断面集成材を用いた大型木造建築物、木造三階建戸建住宅の技術的基準が定められた。1990年には、準耐火建築物の概念が創設され、防火・準防火地域を除く地域で木造三階建共同住宅が建築可能となるような法令が整備された。そして冒頭に示したように建築基準法の性能規定化に対する大改正が2000年に行われ、木質系の不燃材料や耐火構造部材が開発される契機となった。その後も木造三階建学校等など、特定の用途・規模の建築物に対する技術的基準も整備されてきている。

こういった法規の変遷の背景には、実験による性能検証などの裏付けがある。1970年代から現在までに行われた実大火災実験の目的と概略を表2に示す。これらの実大実験全てが法規の改正に直接的関わっているわけではないが、当時の技術や考え方の検証として位置づけられ、現在の法基準の整備に助力している。実大実験だけでなく、大断面集成材の加熱試験<sup>9)</sup>なども上記した「燃えしろ設計」※の考え方が示される背景となっている。

このように、過去の法規は一定規模以上の木造建築物を規制していたが、種々の研究的な検討から法規の見直しが行われ、現在では基本的に性能を規定するものとなっている。要求性能を満たす仕様をもってすれば、法規で求められている防耐火性能を有する中大規模木造建築物が建築可能であるということは、今日までに行われた種々の実験検討によって裏付けられているといえる。

表 2-1 近年の木造建築物の実大火災実験 (1976 ~ 1986 年) 8

実験年別	1976年7月	1978年12月	1979年1月	1981年3月	1981年8月	1984年9月	1986年1月	1986年1月
建物構造形式	枠組壁工法	枠組壁工法	在来軸組工法	在来軸組工法	木質系工業化工法	在来軸組工法	在来軸組工法	在来軸組工法
建物概要	総2階建て	小屋裏利用3階建て連続住宅	2階建戸建て住宅	総2階建て	小屋裏利用3階建て連続住宅	総2階建て	2階戸建て内装大壁仕様	2階戸建て内装真壁仕様
延べ床面積	公営住宅型(40m <sup>2</sup> ) 一般住宅型(850m <sup>2</sup> )	101m <sup>2</sup>	93.5m <sup>2</sup>	79.5m <sup>2</sup>	115m <sup>2</sup>	59.6m <sup>2</sup>	109m <sup>2</sup>	109m <sup>2</sup>
主な内装材料	せつこうボード等	せつこうボード等	ラスボード下地、繊維壁石膏ボード等、石膏ボード等	石膏ボード、石膏 plaster 等	石膏ボード等、木製防火戸	けいカル板、石膏ボード等、木製防火戸	石膏ボード等、木製防火戸	石膏プラスター仕上げ等、木製防火戸
実験実施場所	埼玉県野田市	千葉県浦安市	東京都江東区	茨城県つくば市	愛知県江南市	茨城県つくば市	東京都江東区	東京都江東区
実施主体者等	国土開発センター、建研、東京理科大学	ツバイフォー建築協会、建研、東大等	住・木センター、建研、林試、東大等	建研、林試等	プレハブ建築協会、建研等	建築研究所	住・木センター、建研、林試、東大等	住・木センター、建研、林試、東大等
実施目的	枠組壁工法導入の景気となる宣言最初の木造建築の実代価再実験	小屋裏利用の3階建てタウンハウスの住宅、界壁等の防火性能把握	住宅金融公庫融資住宅に適合する一般的な使用の木造住宅の火災性状把握	一般的な戸建て住宅の防火回収法の検討	小屋裏利用タウンハウスの火災性状の把握	防火総プロの一端として火災性状予測の検証を行う。	柱・梁を防火材料で被覆した大壁構法の火災性状の把握	柱・梁および2階床板を露出した真壁構法の火災性状の把握
結果概要	耐火造に類似した火災性能確認、各室の検証	各室防火の確認、界壁性能の確認等	建物内延焼経路の確認、防火的弱点部分の把握等	改修による各室区画の火災性状の実証	タウンハウスの各室防火性能の実証	防火被覆材と開口部による建物内延焼抑制効果の実証	防火被覆材と開口部による建物内延焼抑制効果の実証	こうぞう材や床材部による木材現しによる火災正常確認
関連する成果	「不燃構造」として認められる。	タウンハウスの防火設計に関する資料収集、「省令簡易耐火構造」の認定	今後の防火設計への資料収集	今後の防火設計への資料収集	タウンハウスの防火設計に関する資料収集	軸組木造の防火性能向上のための資料収集	軸組木造の防火性能向上のための資料収集	軸組木造の防火性能向上のための資料収集

実施主体略称 建研：建築研究所、林試：林業試験場（現 森林総合研究所）、東大：東京大学、住・木センター：日本住宅・木材技術センター、国総研：国土技術政策総合研究所

表 2-2 近年の木造建築物の実大火災実験 (1987 ~ 2013 年) 8

実験年別	1987年1月	1987年1月	1987年12月	1991年12月	1996年3月	2012年2月	2012年11月	2013年10月
建物構造形式	在来軸組工法	在来軸組工法	枠組壁工法	枠組壁工法	枠組壁工法	軸組・枠組工法	軸組・枠組工法	軸組・枠組工法
建物概要	3階建て長屋第1住戸	3階建て長屋第3住戸	層3階戸建て	3階建共同住宅	3階建共同住宅	3階建て木造校舎	3階建て木造校舎	3階建て木造校舎
延べ床面積	99.4m <sup>2</sup>	99.4m <sup>2</sup>	198m <sup>2</sup>	268m <sup>2</sup>	328m <sup>2</sup>	2260m <sup>2</sup>	850m <sup>2</sup>	850m <sup>2</sup>
主な内装材料	けいカル板、強化石膏ボード、木製防火戸等	石膏ボード等、戸・窓一部開放	石膏ボード等、強化石膏ボード等	石膏ボード等、強化石膏ボード等	石膏ボード等、窓一部開放	木材の柱・梁現し、内装：木材板張り	木材の柱・梁現し、内装の不燃化、庇の設置等	木材の柱・梁現し、内装の不燃化、防火壁等
実験実施場所	東京都江東区	東京都江東区	茨城県つくば市	茨城県つくば市	茨城県つくば市	茨城県つくば市	岐阜県下呂市	岐阜県下呂市
実施主体者等	住・木センター、建研、林試、東大等	住・木センター、建研、林試、東大等	ツバイフォー建築協会、建研等	住宅生産団体連合会、建研、東大等	住宅生産団体連合会、建研等	国総研他共同体	国総研他共同体	国総研他共同体
実施目的	3階建て防火仕様の有効性の評価、避難安全性の検証等	戸、窓開放による屋内延焼状況の検証	準防火地域に建築できる木造3階建て住宅の技術基準の検証	3階建共同住宅の傘性状の把握、隣戸・上階への影響の把握	市街地火災を想定した類焼・延焼状況の把握	内装木質仕上げ3階建て木造校舎の火災性状把握(予備実験)	3階建て木造校舎火災対応策(準備実験)	3階建て木造校舎火災対応策の検証(本実験)
結果概要	建物内延焼防止の確認、木製開口部の防火性能実証等	開口部の開閉による屋内延焼状況の確認と重要性の実証等	建物内、上階延焼の抑制効果の実証等	確防火、開口部の延焼防止効果の実証	建物内延焼の防火効果、隣棟建物への類焼防止性能の実証	木質内装による火災拡大状況の確認、防火壁の性能把握	内装防火設計の確認、上階延焼の抑制効果の実証	内装防火設計の確認、上階延焼の抑制効果の実証
関連する成果	準防火地域に建築する3階建て長屋住宅に関する資料収集	準防火地域に建築する3階建て長屋住宅に関する資料収集	準防火地域に建築する3階建て戸建て住宅の告示公布	防火地域、準防火地域以外に建築できる木造3階建て共同住宅の告示公布	準防火地域に建築する木造3階建共同住宅の告示の公布	建築基準法第21条、27条改正に伴う政令改正と告示の公布 ①木造3階建て校舎の建築が可能 ②3000平米を超える木造建築物等が建築可能 ③木造で1時間耐火構造の間仕切り壁と外壁仕様の告示		

実施主体略称 建研：建築研究所、林試：林業試験場（現 森林総合研究所）、東大：東京大学、住・木センター：日本住宅・木材技術センター、国総研：国土技術政策総合研究所

※ 「燃えしろ設計」

2節に示した炭化速度を勘案して、4節に示した準耐火構造部材とするものである。表面から一定深さの「燃えしろ」を設けて残りの断面積で構造計算を行うことで、火災継続時間中にその構造が崩壊して倒壊しないという考え方に基づく設計方法である。集成材の燃えしろは、45分準耐火構造で35mm、1時間準耐火構造で45mmとなっており、実験的な検証<sup>9)</sup>からこの炭化速度が定められ（図3）、燃えしろを除いた部分で構造上必要な耐力を確保できることが明らかになっている。その他の木質系材料も同様に炭化速度について実験的検討が行われ、所定時間の準耐火構造部材とするための燃えしろが示されている。

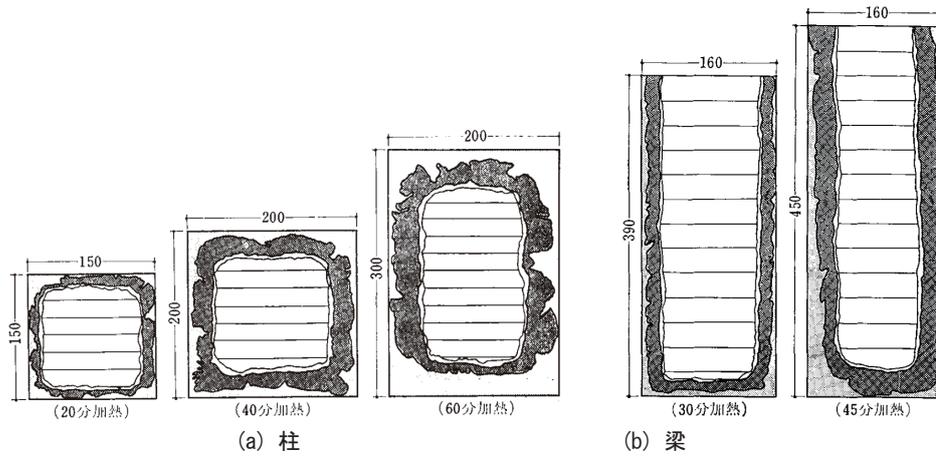


図3 载荷加熱試験後の部材の炭化状態<sup>9)</sup>



### 3-7 木質耐火構造部材の例

木造の防耐火性能を他の構造種別に対して説明する場合、構造躯体の防耐火性能の違いが主な差異となる。柱・梁等の軸組は直接的に鉛直荷重を支持するため、火災継続時間中に建築物が崩壊するかどうかは、それらの部材が要求性能を満たすことが出来るかを議論の対象とすることとなる。また、4節の図2からもわかるように、多層の建築物の場合、耐火構造を要求されることが多くなる。したがって、木造建築物の柱・梁に用いることが出来る耐火構造部材（所定の加熱時間以後、自然に燃え止まる性能が要求される部材）の有無が、防耐火性能が考慮された「火災に弱くない」木造建築物が建築可能かを決定づけると考えられる。

現在までに木質耐火構造部材として開発されているものは、大きく以下の3つに分類出来る。

1. 一般被覆型 「メンブレン型」
2. 鉄骨内蔵型 「木質ハイブリッド型」
3. 燃えしろ被覆型 「燃え止まり型」

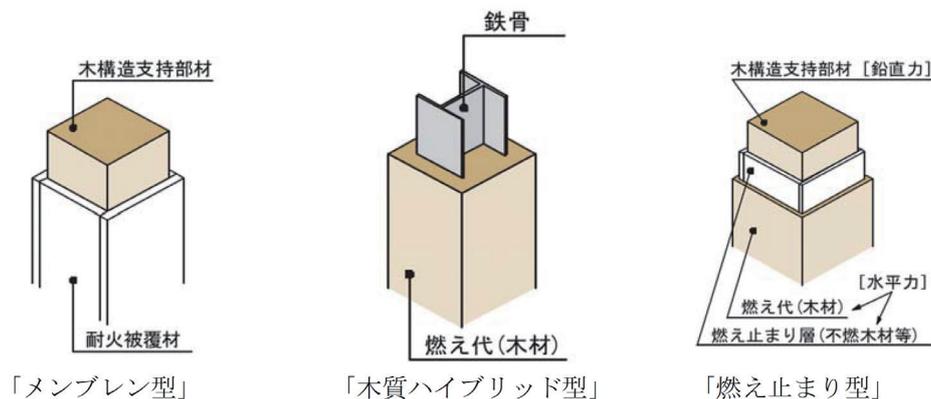


図5 木質耐火構造部材の種類 1)

メンブレン型は荷重支持部を木材として、その周りを石膏ボード等の不燃材料で被覆して木材が燃焼しないようにするものである。ハイブリッド型は荷重支持部を鉄骨等とし、その外周を木材で覆うことで木材を燃えしろとして燃焼させ、鉄骨の熱容量の影響によって燃焼停止させるものである。これら2種類の木質耐火構造部材は既に実用化がなされ、実物件にも用いられている。しかし、メンブレン型では木材が現されておらず、ハイブリッド型では本質的には鉄骨造である。その点で燃え止まり型は比較的純粋な木質構造部材として成立するものでありながら、燃え止まる性能を付与するものである。燃え止まり層にはモルタルを用いるもの、難燃薬剤を注入した木材を用いるものなどがある。以下では、特に燃え止まり型の構造部材について、開発における実験検証の一部を紹介する。

岡らは、燃え止まり層にモルタルと杉集成材とを交互に配置した混合体を採用した、スギ集成材による耐火構造部材（柱・梁）を提案し、実験的にその性能を検証している<sup>12)</sup>。提案された梁の断面構成は図6のようなものである。実験は4点曲げによる载荷加熱

試験であり、その実験結果を図7に示す。試験体中央部の断面各所での温度推移である図7から、試験体Cでは比較的長く燃焼が継続し、試験体Dではおよそ半分の時間で燃え止まっていることがわかるが、これは局所的な再燃焼であり、どちらの試験体も最終的には燃え止まることが確認されている。荷重支持部の最高温度も160度程度で炭化温度（260度）に達しておらず、実験継続中には曲げ破壊はおきず、たわみ量の最大値も規定値を下回っていることから、どちらの仕様も必要性能を担保できることが報告されている。

上川らは、燃え止まり層に難燃薬剤を限定的に注入した処理木材を使用し、一般的な樹種である杉からなる集成材に1時間、2時間の耐火性能を付与した耐火構造部材（柱）を提案し、実験的にその性能を検証している<sup>13)</sup>。提案された柱の断面構成は図9のようなものである。載荷加熱実験の結果、図10の時間経過に対する各部の温度推移の数値が得られている。所定の載荷加熱時間中以後には速やかに赤熱燃焼がおさまり、最終的に燃え止まることが確認されている。燃え止まる段階まで、鉛直荷重を支持しながら、構造が崩壊しないことも確認されている。また、図7にも表れているように、燃え止まり層と荷重支持部の境界の最高温度は100度程度であり、先に示した木材の炭化温度に達していなかったことが報告されている。

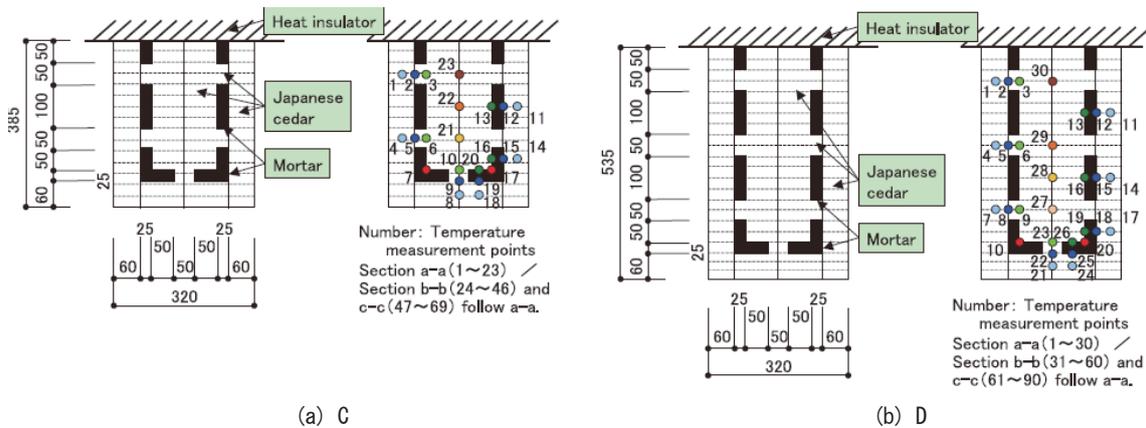


図6 モルタルを配した耐火集成材梁の断面構成<sup>12)</sup>

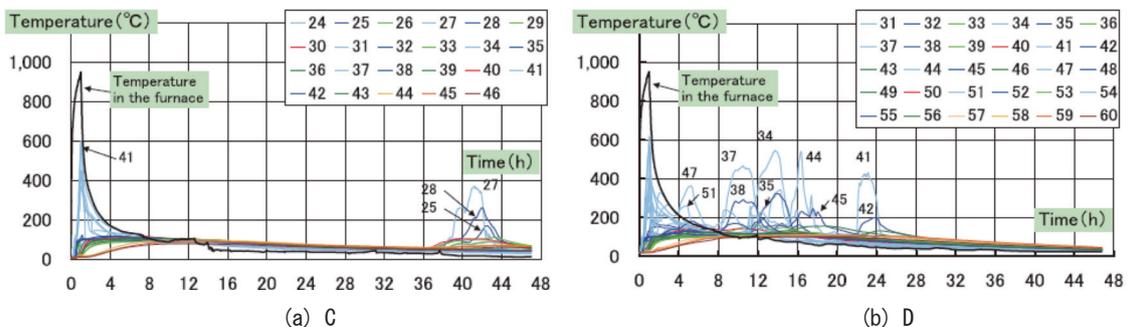


図7 実験結果の各部温度推移<sup>12)</sup>

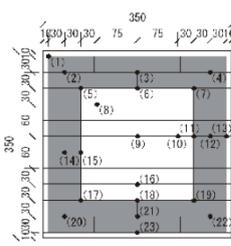
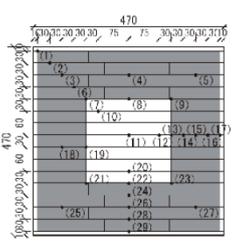
No.	C350B-iii	C470B-iii
断面仕様		
断面寸法	350×350 [mm]	470×470 [mm]
コア	210×210 [mm] (無処理)	210×210 [mm] (無処理)
燃え止まり層	厚さ 60 [mm] インサイジング+薬剤 B	厚さ 120 [mm] インサイジング+薬剤 B
表層	厚さ 10 [mm] (無処理)	厚さ 10 [mm] (無処理)
薬剤固定量	220 [kg/m <sup>3</sup> ]	217 [kg/m <sup>3</sup> ]
試験種別	1 h 载荷加熱	2 h 载荷加熱

図8 難燃処理ラミナを用いた耐火集成材試験体の断面構成 13)

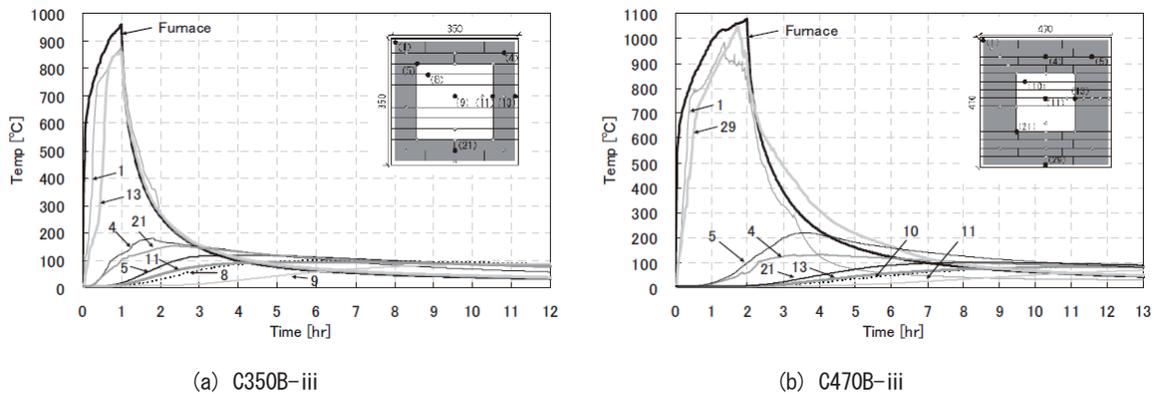


図9 実験結果の各部温度推移 13)

上記のように、構造部材で一般的な杉集成材で、木材を現しにしていても、防耐火性能を付与した耐火構造部材とすることが可能である。このような耐火構造部材が採用されている中大規模木造建築物では、その構造躯体は他の構造種別と同等な火災安全性能（非損傷性）を有しているといえる。紹介した木質耐火構造部材の開発研究は一部であり、法規が性能規定化されて日が浅いため、今後さらに多様な仕様が開発されていくことも十分に期待できる。

### 3-8 まとめ

建築物としての安全性を火災の面から考えれば、当然、火災の発生を防止することが最も重要ではあるが、建築物の仕様によってコントロールできるものではない。建築物が出来ることとしては、その後の延焼を抑えて構造体を維持させながら、避難活動・消防活動に支障を来さないことである。そのことを考慮した木造建築が建築可能であることはこれまでに述べ、一般的に火災に弱いというイメージが持たれている木造建築物でも、火災時に他の構造種別と同様の火災性状と出来ることを説明した。

防耐火性能が考慮されていない木造建築物は全焼・倒壊する危険性をはらんでいるが、全ての木造建築物が火災に弱く、燃えて倒れてしまうということはない。社会背景から望まれている木材の利用促進にあたっては、住宅規模以上の「火災に弱くない」木造建築物を作ることができるといことが正しく認識されるべきであると考えられる。

#### 参考文献

- 建築学大系編集委員会：建築学大系 21 建築防火論，pp.79-208，彰国社，1970.
- 中村賢一，山田誠：木造建築の防火設計，産調出版，pp.41-55，1998.
- 財団法人日本住宅・木材技術センター：木と日本の住まい，p122，1984.
- 日本火災学会編：火災と建築，共立出版株式会社，pp.31-42，2002.
- 山田誠：防火の考え方と防火の性能評価，木材保存 29(3)，pp.189-196，2003.5.
- 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)，pp.19，2009.1.
- 栗山寛，小泉勝永：防火木材の研究（第1報），建築學會論文集（21），pp.166-168，1941.
- 山田誠：木造建築物の防火研究の経緯と防火法規の変遷，住宅と木材 39(460)，pp.18-29，2016.4.
- 中村賢一，宮林正幸：大断面木材の耐火性能，木材工業 40(12)，pp.563-567，1985.12.
- 鍵屋浩司，北後明彦，宮武敦：大規模集成木造体育館の火災調査，日本建築学会技術報告集 17，pp.209-212，2003.6.
- H26 年度物性的特質検討委員会成果資料，p11
- 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)，pp.13-20，2008.2.
- 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)，pp.929-935，2011.2.

- ・火に対する木材の性質
  - －加熱に対して木材の燃焼速度は遅く、急激に耐力低下を起こさない
  - 参考文献 1) 論文 No.無し 燃焼現象の解説
  - 参考文献 2,3) 論文 No.無し 高温時の木材の特性
  
- ・建築火災の成長過程とその対策
  - －火災の成長を遅らせる対策は構造種別毎に相違ない
  - 参考文献 4) 論文 No.無し 燃焼現象の解説
  
- ・防耐火構造制限から見る中大規模木造
  - －現代の建築基準法が求める性能は構造種別毎にも同一である
  - 参考文献 5) 論文 No.14 地域や規模によって要求される防耐火性能の違い
  
- ・防耐火に対する木造建築物の経緯と法規の変遷
  - －法に適合した中大規模木造の防耐火性能は実大実験等によって裏打ちされている
  - 参考文献 6) 論文 No.2 木造建築物禁止と復興に関する経緯
  - 参考文献 7) 論文 No.16 過去の防火木質部材の研究の背景
  - 参考文献 8) 論文 No.37 防耐火関連法規の変遷
  - 参考文献 9) 論文 No.45 燃えしろ設計法確立のための根拠
  
- ・中規模木造建築の実火災の例
  - －燃えしろ設計された準耐火構造木造は実火災においても必要性能を満たしている
  - 参考文献 10) 論文 No.42 準耐火木造建築物の火災被害報告
  
- ・木質耐火構造部材の例
  - －他の構造種別と同等の性能を有する木質耐火構造部材（柱・梁）は実現している
  - 参考文献 12) 論文 No.7 燃え止まり型耐火構造部材開発に関わる実験検証
  - 参考文献 13) 論文 No.22 燃え止まり型耐火構造部材開発に関わる実験検証

番号	論文名	著者	掲載	年	頁
1	木材の燃焼：針葉樹および広葉樹の防火処理による影響(材料・施工)	森本博, 斎藤文春	日本建築学会論文報告集(54)	1956.10	117-120
2	日本における木質耐火構造開発のあゆみ	原田寿郎	木材学会誌55(1)	2009.1	1-9
3	2011年度日本建築学会大会 木質材料の防耐火性に関する発表概要	上川大輔	木材保存38(2)	2012.3	67-73
4	中層木造建築を可能にしている諸外国の耐火基準	原田寿郎	木材保存37(2)	2011.3	58-63
5	リサイクル石膏による木造耐火構造の残炎対策法の検討	大西克則	日本建築学会環境系論文集73(624)	2008.2	147-151
6	ロックウール断熱材を用いた木造断熱壁体の防耐火性能に関する研究	糸毛治, 鈴木大隆, 長谷見雄二	日本建築学会環境系論文集77(676)	2012.6	433-441
7	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	岡日出夫, 大橋宏和, 山口純一, 堀長	日本火災学会論文集58(1)	2008.2	13-20
8	防火木材の品質管理	菊地伸一	木材保存38(1)	2012.1	2-6
9	スチレン系化合物からの機能性材料の開発	畑俊亮	材料61(8)	2012.8	742-747
10	木造住宅における火災拡大危険の要因分析	関沢愛	日本建築学会論文報告集(284)	1979.10	149-158
11	住宅火災による死者発生リスクと居住者や住宅の属性との関連性に関する統計的分析	野竹宏彰, 関澤愛	日本建築学会論文報告集74(638)	2009.4	413-419
12	木質系構造の耐火技術と設計	遊佐秀逸	コンクリート工学45(9)	2007.9	53-60
13	難燃処理層のシェル型配置によるカラマツ集成材柱の燃え止まり技術の開発	原田寿郎, 安藤恵介, 宮林正幸, 大内富夫, 宮本圭一, 上川大輔, 服部順昭	木材学会誌54(3)	2008.5	139-146
14	防火の考え方と防火の性能評価	山田誠	木材保存29(3)	2003.5	189-196
15	防火材料・耐火構造への木質材料の利用	原田寿郎	木材保存32(6)	2009.5	246-250
16	防火木材の研究(第1報)	栗山寛, 小泉勝永	建築学会論文集(21)	1941.	166-168
17	防火木材の研究(第3報)	栗山寛, 島口三郎	建築学会論文集(25)	1942.	190-196
18	防火木材の研究(第4報)	栗山寛	建築学会論文集(29)	1943.	336-341
19	防火塗料の研究	相三衛	顔料塗料印刷インキ10(1)	1936.	1-10
20	木材の発熱速度におよぼす難燃剤の効果	菊地伸一, 前田恵史	木材学会誌53(5)	2007.9	276-282
21	燃焼抑制機構の研究の必要性と動向	平野敏石, 仲谷一郎	日本火災学会論文集	1987.6	19-31
22	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-	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	日本建築学会環境系論文集75(657)	2011.2	929-935
23	耐火性能	菅原進	建築雑誌109(1364)	1994.9	24-25
24	木造家屋火事温度の標準に就て-屋外及び防火へ防火壁の部-	濱田裕, 金野祐吉	建築学会論文集29	1943.5	282-286
25	木材の密度と着火時間の関係	長岡純, 辻本誠, 古平章夫, 上原茂男, 菊地伸一	日本建築学会構造系論文集559	2002.9	233-236
26	木造真壁の耐火性能予測	清水真理子, 長谷見雄二, 村上雅英, 安井昇	日本建築学会構造系論文集611	2007.1	165-170
27	伝統軸組構法に基づく木造床の防耐火性能	平井倫之, 長谷見雄二, 安井昇, 木村忠紀, 山本幸一	日本建築学会構造系論文集73(625)	2008.3	489-495
28	木造家屋の火災を対象とする加熱試験の方法に就て	内田祥文	建築学会論文集(19)	1940.11	64-72
29	木造家屋の火災を対象とする加熱試験に就て、其一防火壁に類する場合(第1級試験)	内田祥文	建築学会論文集(21)	1941.	115-124
30	木造家屋の火災を対象とする加熱試験の結果に就て(其4)	内田祥文	建築学会論文集(27)	1942.	66-72
31	関東風木造家屋火災の火焰面積と延焼輻射熱	藤田金一郎	建築学会論文集(29)	1943.5	287-293
32	関西風木造家屋火災の延焼輻射熱と火焰面積	藤田金一郎	建築学会論文集(29)	1943.5	294-300
33	木造内装居室における天井不燃化の防火安全効果「天井不燃・木造壁工法」にもとづく内装防火設計に関する研究・I	長谷見雄二, 吉田正志, 中林卓哉	日本建築学会構造系論文報告集446	1993.4	137-145
34	屋根および軒の防火性能	星野昌一	日本火災学会論文集11(1)	1961.	10-12
35	性能耐火設計のための学校体育館の可燃物量調査	平井倫之, 長谷見雄二, 永盛洋樹, 原田浩司, 飯島泰男, 板垣直行	日本建築学会技術報告集17(36)	2011.6	549-554
36	加熱側の木質系素材の仕様を変化させた壁耐火試験	野秋政博, 大宮喜文, 牧野淳, 安井昇, 宮林正幸, 山田誠	日本火災学会論文集62(1)	2012.4	21-32
37	木造建築物の防火研究の経緯と防火法規の変遷	山田誠	住宅と木材	2016.4	18-29
38	木造3階建て共同住宅の実大火災実験(その1~11)	佐藤寛, 岸谷孝一, 菅原進一, 三村由夫, 鈴木弘昭, 中村賢一, 吉田正良, 鈴木孝明, 萩原一郎, 仲谷一郎, 柴澤徳朗, 高橋幸郎, 成瀬友宏, 田村政道, 齊藤勇造, 増田秀昭, 小國勝男, 山名俊男, 棚池裕, 吉田正志, 西本俊郎, 岡部長谷見雄二, 板垣直行, 成瀬友宏, 泉潤一, 萩原一郎, 蛇石貴宏, 安井昇, 加来照彦, 鈴木淳一, 加藤詞史, 鍵屋浩司, 林吉彦, 仁井大策, 山名俊男, 五頭辰紀, 岩見達也, 石山智, 吉岡英樹	日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)	1992.8	1287-1308
39	木造3階建て学校の実大火災実験(予備実験)(その1~14)	長谷見雄二, 板垣直行, 成瀬友宏, 泉潤一, 萩原一郎, 蛇石貴宏, 安井昇, 加来照彦, 鈴木淳一, 加藤詞史, 鍵屋浩司, 林吉彦, 仁井大策, 山名俊男, 五頭辰紀, 岩見達也, 石山智, 吉岡英樹	日本建築学会大会学術講演梗概集(東海)	2012.9	287-314
40	木造3階建て学校の実大火災実験(準備実験)(その1~23)	長谷見雄二, 板垣直行, 成瀬友宏, 泉潤一, 萩原一郎, 逢坂達男, 安井昇, 加来照彦, 鈴木淳一, 鍵屋浩司, 加藤詞史, 樋口祥一, 林吉彦, 深井敦夫, 堀英祐, 増田秀昭, 茂木武, 稲垣淳哉, 岩見達也, 山名俊男, 五頭辰紀, 田村隆雄, 仁井大策, 蛇石貴宏, 永井涉, 関真理子, 小松弘昭, 土橋登登, 加来千鶴, 赤長谷見雄二, 成瀬友宏, 萩原一郎, 安井昇, 板垣直行, 泉潤一, 逢坂達男, 加来照彦, 鈴木淳一, 鍵屋浩司, 加藤詞史, 樋口祥一, 蛇石貴宏, 稲垣淳哉, 林吉彦, 堀英祐, 田村隆雄, 岩見達也, 山名俊男, 五頭辰紀, 仁井大策, 水上点晴, 永井涉, 関真理子, 吉岡英樹, 小松弘昭, 橋本隆司, 渥美良紀, 石山智, 加藤屋浩司, 北後明彦, 宮武敦	日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)	2013.8	163-208
41	木造3階建て学校の実大火災実験(本実験)(その1~24)	長谷見雄二, 成瀬友宏, 萩原一郎, 安井昇, 板垣直行, 泉潤一, 逢坂達男, 加来照彦, 鈴木淳一, 鍵屋浩司, 加藤詞史, 樋口祥一, 蛇石貴宏, 稲垣淳哉, 林吉彦, 堀英祐, 田村隆雄, 岩見達也, 山名俊男, 五頭辰紀, 仁井大策, 水上点晴, 永井涉, 関真理子, 吉岡英樹, 小松弘昭, 橋本隆司, 渥美良紀, 石山智, 加藤屋浩司, 北後明彦, 宮武敦	日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿)	2014.9	285-330
42	大規模集成木造体育館の火災調査	水野智之	日本建築学会技術報告集17	2003.6	209-212
43	火災性状に関する考察-初期火災時における家具類の燃焼性状に関する実験的研究その2-	水野智之	日本建築学会構造系論文集370	1986.12	102-108
44	住宅の防火法規	上杉三郎	木材保存28(3)	2002.5	98-102
45	大断面木材の耐火性能	中村賢一, 宮林正幸	木材工業40(12)	1985.12	563-567

No.	1	項目	
論文名	木材の燃焼 ―針葉樹および広葉樹の防火処理による影響―		
著者：	○森本博、斎藤文春		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年	(1955)		
掲載媒体	日本建築学会論文報告集(54),pp.117-120,1956.10.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>当時一般的防火薬剤である第二燐酸アンモニウムによる防火処理の影響を、熱天秤による重量減の測定とガス分析によって明らかにするものである。</p> <p>針葉樹および広葉樹各 14 種類に対して、デシケーター内での圧力調整によって第二燐酸アンモニウム水溶液を浸透させて防火処理を行っている（注入量は樹種によって違う）。試験方法としては、260℃25分、350℃20分、650℃10分の低温加熱を行っており、熱天秤による重量減少率から熱分解曲線を求めている。</p>			
<p>【結果】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・薬剤の吸着による注入量は平均比重で 0.1 程度広葉樹が高い。</li> <li>・既に明らかにもなっているが、木材の熱分解は 260℃を境に急激に顕著になる。</li> <li>・木材着火温度付近の 360℃以下では、メタリン酸による木材の脱水炭化作用は作用しない。</li> <li>・水分の発生による表面温度低下の作用は処理材で高温の時に大きく作用する。</li> <li>・処理材の水分発生量は相当に大きくなるため、この実験範囲内では着火燃焼が発生しない。</li> <li>・素材では加熱温度によらずに針葉樹の方が、熱分解が早い。</li> <li>・処理剤では 350℃までの分解は針葉樹が早い、それ以後の分解は広葉樹の方が早くなる。</li> </ul>			
<p>【評価】</p> <p>目的としては薬剤処理であるものの、素材との比較を行っており、木材の温度変化による分解、着火に関する内容が記述されている。開発的な文献であるものの、比較的古いものであり、試験方法等も現代の基準に則っていないため、提示資料とすべきではないと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	2	項目	
論文名	日本における木質耐火構造開発のあゆみ		
著者：	原田寿郎		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年	－		
掲載媒体	木材学会誌 55(1),pp.1-9,2009.01.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>1987年に木造建築物に関する規制が徐々に緩和され、2000年の法改正により防火の面から高層木造建築が建設可能となったことを念頭に、当時までの木質耐火構造開発の現状について概説している。以下総説の構成である。</p> <p>1. はじめに、2. 木造禁止への道のり、3. 木造復権への道、4. 火災実験と準耐火構造に至るまでの技術開発（4.1 木造建築物の火災実験、4.2 木造住宅の防火性能向上技術の開発、4.3 大断面集成材の耐火性能検証、4.4 木造3階建住宅、4.5 準耐火構造と燃えしろ設計）、5. 木質耐火構造の開発、6. 今後の課題</p>			
<p>【結果】</p> <p>以下、幾つか紹介されている知見をピックアップする。</p> <p>2009年時点では、徐々に大規模木造が増えて来ているものの、課題が山積みであるとしている。2000年以降に急激に耐火性能に関する材料の基準整備が増えている。</p> <p>表面より25mm燃えしろとする設計の初めは1987年の防火規制に関する法改正である。</p> <p>構造用集成材の炭化速度は0.5mm-0.7mm/min.である。影響因子は加熱温度、樹種、密度、含水率等があるが、火災時の炭化速度議論においては、この数字にしておけば差し支えない。</p> <p>この時点では1時間耐火材の構成方法が出そろい、今後2時間耐火材を検討するとしている。また、燃え止まりメカニズムは未解明。</p>			
<p>【評価】</p> <p>防火に関する歴史と技術開発がまとまっている。総説の類ではあるものの、木造建築の耐火構造の歴史としては、資料として提示すべきものと考えられる。</p>			
評価	<p>Ⓐ: 採用すべきである。</p> <p>B: 一部を採用すべきである。</p> <p>C: 不採用とする。</p>		

No.	3	項目	
論文名	2011 年度日本建築学会大会 木質材料の防耐火性に関する発表概要		
著者：	上川大輔		
分類：調査、実験等	情報		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 38(2), pp.67-73, 2012.3.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>2011 年度建築学会大会における、木質材料・構造の防火に関する発表をまとめている。2000 年の法改正以降に、当該セッションでの発表件数が増えて来ていることを示唆している。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>以下、今回のテーマに関係されると思われるものをテーマとして列挙する。</p> <p>スギ集成材の柱・梁などの複合構造体の耐火性能。</p> <p>小断面スギ集成材の燃え止まり性状。</p> <p>外装材に木材を用いた面材の 1 時間耐火性能実験。</p> <p>大断面広葉樹製材の耐火に関する基本性能の実験的把握。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>記事的に当時の研究発表を紹介したものであり、上記したものの原著を情報源として提示すべきであると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	4	項目	
論文名	中層木造建築を可能にしている諸外国の耐火基準		
著者：	原田寿郎		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 37(2), pp.58-63, 2011.3.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>2010年時点での、中層木造建築に関わる防耐火基準に関する、諸外国とわが国との相違についてを、諸基準を紹介して述べている。</p> <p>比較対象は、EU諸国、アメリカ合衆国、カナダ、である。</p> <p>当時でも、諸外国では10階建て弱の層数の木造建築が建てられているが、わが国では4階建てまでが限度であり、この差が生じる要因について分析も行っている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>以下、分析結果となる知見を幾つか挙げる。</p> <p>スプリンクラーの設置による規制緩和が諸外国基準には含まれているが、わが国では消防用設備と耐火構造とのリンクがなされていない。</p> <p>わが国のルートAの仕様であることの証明のためには、実験で、要求耐火時間の3倍時間の性能であることと、自然消炎という燃え止まりの性能が求められている。（諸外国には特に燃え止まりは要求されていない。）</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>総説の類ではあるものの、諸外国基準は和訳的にまとめられているものは少ないため、わが国における基準と合わせて、本来どういった性能が求められているかに繋がる。今回のテーマにおいても、要求性能と本来の性能という観点から紹介すべき部分があると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	5	項目	
論文名	リサイクル石膏による木造耐火構造の残炎対策法の検討		
著者：	大西克則		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年	2007?		
掲載媒体	日本建築学会環境系論文集 73(624), pp.147-151, 2008.2.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>残炎（燃え止まり）の性能について、その必要性を検討する中でも危険性を示唆する側面からの内容である。石膏ボードの廃材の排出量を指摘し、その再資源化の手段を構築するとともに、再原料化を行ったものに対して、残炎の無い耐火構造であることの確認のための燃焼実験を行っている。</p> <p>試験体は床を対象としており、根太間に石膏を充電して防火区画材としている。また、根太下端同士を繋ぐ線が直線となるかアーチとなるか、および空間に充填する際に木箱を用いるか鋼製箱を用いるかを、試験体パラメータとしている。</p> <p>また、要素実験の結果をもって、実大実験によって、残炎までを含めた性能を確認している。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>底部をアーチ型とした、鋼製型枠を持った仕様がもっとも性能が良いことが、要素試験より確認された。石膏から放出された水分が根太方向に流れ、消火作用が働いたためという考察である。</p> <p>根太底部の燃えしろを設計した実大実験では、要求性能を満たしていることが確認された。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>木材自体の防耐火性能を対象とするものではなく、仕様も開発に近い部分があるが、防火用材料として一般的な石膏の、それも再生材料を利用した防火区画用構造材に対する性能検証実験であり、石膏自体の基本防耐火性能についてを併せることで、木造の防耐火性として紹介できうるものと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	6	項目	
論文名	ロックウール断熱材を用いた木造断熱壁体の防耐火性能に関する研究		
著者：	糸毛治, 鈴木大隆, 長谷見雄二		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年	2011?		
掲載媒体	日本建築学会環境系論文集 77(676), pp.433-441, 2012.6.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>防火に期する材料に対してではなく、平常時に必要の断熱材に関して、充てん断熱・外張断熱に用いられる不燃材料であるロックウールを用いた小型試験体への加熱実験を通して、軸組との位置や寸法関係に対する防火性能を確認するものである。</p> <p>充てん工法、外張工法、付加工法および無断熱工法について、壁体の一部を再現した小型試験体に対して、燃焼実験を行っている。実験方法は屋内側加熱と屋外側加熱の2通りである。非載荷条件下での実験であるが、非損傷性については、炭化深さによる断面二次モーメントの減少分を算出することによって評価を行っている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>以下、実験を通じた知見を記述する。</p> <p>今回の一般的な断熱工法の仕様でも、60分の遮炎性を有している。</p> <p>どのような工法でも遮熱性は向上する。特に外張断熱材の厚を大きくすることが最も効率が良い。</p> <p>外壁側加熱では、断熱材充てんによる非加熱面側への放熱の妨げによって、非損傷性は下がる可能性がある。内壁側加熱では石膏ボードの損傷によって炎が侵入する可能性があるため、断熱材を木材に接触させる必要がある。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>住宅の仕様を対象にしたものであり、今回のテーマとは少し外れているように思われる。中大規模木造に適用可能な断熱工法を検討することで、一部知見として紹介できる可能性がある。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

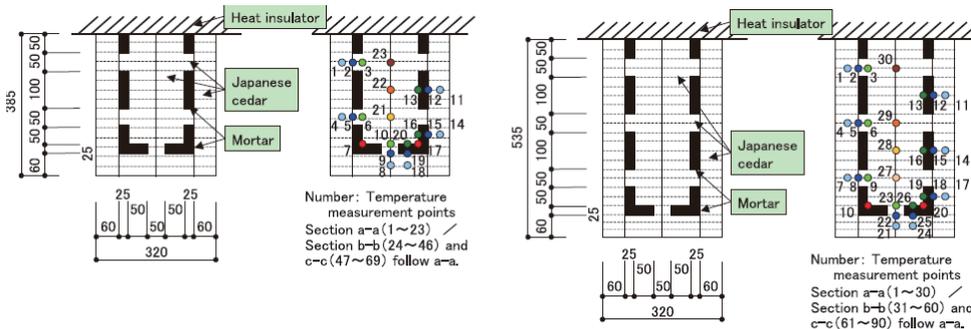
No.	7	項目	
論文名	モルタルを内蔵したスギ集成材の燃え止まりに関する研究		
著者：	岡日出夫, 大橋宏和, 山口純一, 堀長生		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年	2007?		
掲載媒体	日本火災学会論文集 58(1), pp.13-20, 2008.02.		
備考			

【内容】

以前までも燃え止まり性能を有する集成材の開発を行っていたが、以前まではカラマツであり、この本論文では、耐火性の最も低いスギ材を対象としている。

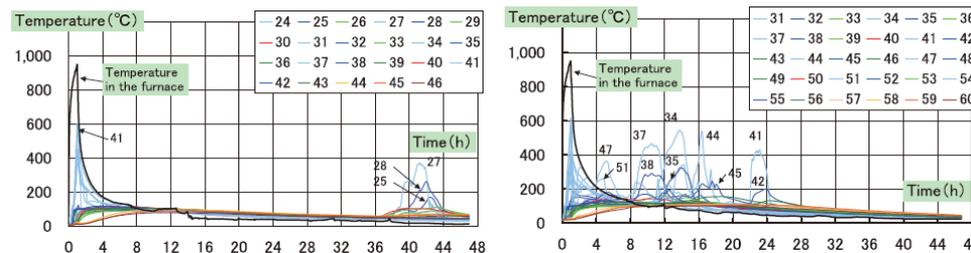
それまではジャラ材を用いて燃え止まり層までを含めて純木質製としていたが、性能的観点から、燃え止まり層にモルタルを配したものを対象としている。

試験体は荷重支持部のサイズをパラメータとしており、燃え止まり層、燃えしろ層の厚みは共通である。実験は、柱部材に対しては、鉛直載荷条件下における炉内での1時間の加熱による。梁部材に対しては、4点曲げ載荷条件下で、柱と同様の方法としており、たわみ変化も計測している。



【結果】

経過時間にばらつきはあるが、いずれの試験体でも、加熱終了後は消炎が確認された。また、実験実施中には、柱・梁試験体ともに有害な変形は確認されなかった。たわみに関しても規定値を下回っている。荷重支持部への炭化も進展しなかった。



## 【評価】

防火性能の高い大断面集成材の開発に関する内容であり、樹種の違い等も一連の研究から確認することができる。一定の仕様を用いれば火災に弱くない木造建築の構造材となり得るということを示すための資料として、本テーマにおいて一般的に提示できるものと考えられる。

評価

○A：採用すべきである。

B：一部を採用すべきである。

C：不採用とする。

No.	8	項目	
論文名	防火木材の品質管理		
著者：	菊地伸一		
分類：調査、実験等	解説		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 38(1), pp.2-6, 2012.1.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>大臣認定を取得する（あるいはしているものの）ための、薬剤処理を施した防火木材（不燃木材、準不燃木材、難燃木材を総称）に対して、実験条件やサンプル不足による性能不足があることを指摘し、品質確保のための認定取得のための実験における試験体管理方法について解説するものである。</p> <p>特に不均一な注入を指摘して、その管理方法を紹介・検討している。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>試験体を抽出するロット内のすべてにおいて重量を測定する方法が指定性能評価期間から示されていることが紹介されているものの、製造者の遵守すべき基準を整備すべきことや、第三者機関によるチェックを促すにとどまっている。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>防火に関する一端としての資料的価値はあるものの、今回のテーマにおいて積極的に提示すべき資料とはならないと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	9	項目	
論文名	スギ炭素化物からの機能性材料の開発		
著者：	畑俊充		
分類：調査、実験等	講座		
調査、実験年			
掲載媒体	材料 61(8), pp.742-747, 2012.8.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>建築にとどまらずに木炭という「材料」を対象に、スギ炭素化物の構造と機能を紹介するものである。</p>			
<p>【結果】</p> <p>発火点が 200-400℃であることなどの性質とともに、環境浄化作用や燃料電池への応用方法などが記載されている。</p>			
<p>【評価】</p> <p>廃材利用の観点では若干の有用性がある資料ではあるものの、今回のテーマである建築の防火に対しては全く記述がないため、紹介するに値するものではないと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	10	項目	
論文名	木造住宅における火災拡大危険の要因分析		
著者：	関沢愛		
分類：調査、実験等	調査・分析		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会論文報告集(284), pp.149-158, 1979.10.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>建物一戸レベルでの火災拡大防止の方策についてを検討するものである。それまでは、市街地延焼段階の研究に比べて、人的要因によるところが大きいことから、一戸レベルでの防火対策の側面からの総合性は検討されていなかったと述べられており、この中でも出火防止と拡大防止とを分け、拡大防止の部分を取り扱っている。</p> <p>調査対象は、1974-1975年に大阪府下で発生した木造住宅火災に関する火災報告である。様々な要因で火災発生があり、総合的に科学的分析を行うのは難しいが、実際に起こりうる要因があるのは必然ということで、防火上有用な情報収集を一つの目的としている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>放水開始時間に因る拡大、他室への拡大の有無、棟全焼危険の分類に対して、覚知時間や出火タイプなどの原因を順位付けしている。また、拡大の最たる原因として初期の放水開始時間がその多きを占めることを示唆している。</p> <p>出火場所（内装条件）も大きく関係しているが、防火木造と呼ばれる条件の一つである外壁仕様に関しての効果は認められにくい。</p> <p>ただし、上記したのも本報告での文献調査からのみの検討結果であり、本文内で、不十分性を指摘している。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>延焼に関する基礎の部分であり、資料の提示には値すると考えられるが、基本的には住宅を対象としている。原因の中から、中大規模木造に適用しうるものを取り出す（原著を調査する）ことで、一部を資料として提示できると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>ⓑ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	11	項目																															
論文名	住宅火災による死者発生リスクと居住者や住宅の属性との関連性に関する統計的分析																																
著者：	野竹宏彰，関澤愛																																
分類：調査、実験等	調査分析																																
調査、実験年																																	
掲載媒体	日本建築学会環境系論文集 74(638), pp.413-419, 2009.4.																																
備考																																	
<p><b>【内容】</b></p> <p>住宅用途の建築物の火災に対して、構造種別や居住者年齢、出火・着火要因毎にその関連性を統計的に分析するものである。調査対象は、1995-2001年までの建物家裁報告および建物火災による死者の報告である。</p> <p>分析までにとどまっており、対策に関しては言及していないものの、下図のような構造種別の分類による火災発生件数の分析が含まれている。</p>																																	
<table border="1"> <caption>住宅火災発生件数と発生率</caption> <thead> <tr> <th>構造種別</th> <th>火災発生件数 (件/年)</th> <th>住宅火災の発生率 (件/100万戸/年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>木造住宅</td> <td>10,651</td> <td>427.3</td> </tr> <tr> <td>非木造住宅</td> <td>914</td> <td>421.4</td> </tr> <tr> <td>木造共同住宅</td> <td>1,219</td> <td>376.0</td> </tr> <tr> <td>非木造共同住宅</td> <td>2,431</td> <td>182.0</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <caption>住宅火災による死者数と発生率</caption> <thead> <tr> <th>構造種別</th> <th>住宅火災による死者数 (人/年)</th> <th>住宅火災による死者発生率 (人/10万人/年)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>木造住宅</td> <td>886</td> <td>0.87</td> </tr> <tr> <td>非木造住宅</td> <td>40</td> <td>0.57</td> </tr> <tr> <td>木造共同住宅</td> <td>81</td> <td>1.64</td> </tr> <tr> <td>非木造共同住宅</td> <td>88</td> <td>0.30</td> </tr> </tbody> </table>				構造種別	火災発生件数 (件/年)	住宅火災の発生率 (件/100万戸/年)	木造住宅	10,651	427.3	非木造住宅	914	421.4	木造共同住宅	1,219	376.0	非木造共同住宅	2,431	182.0	構造種別	住宅火災による死者数 (人/年)	住宅火災による死者発生率 (人/10万人/年)	木造住宅	886	0.87	非木造住宅	40	0.57	木造共同住宅	81	1.64	非木造共同住宅	88	0.30
構造種別	火災発生件数 (件/年)	住宅火災の発生率 (件/100万戸/年)																															
木造住宅	10,651	427.3																															
非木造住宅	914	421.4																															
木造共同住宅	1,219	376.0																															
非木造共同住宅	2,431	182.0																															
構造種別	住宅火災による死者数 (人/年)	住宅火災による死者発生率 (人/10万人/年)																															
木造住宅	886	0.87																															
非木造住宅	40	0.57																															
木造共同住宅	81	1.64																															
非木造共同住宅	88	0.30																															
<p><b>【結果】</b></p> <p>上図からわかるように、単純に構造種別によってのみでは火災発生件数は説明できないデータが提示されている。しかし、比して木造の火災や供する死者数が多い場合がある。死者数の全体に占める木造共同住宅に住む老人の割合が大きく、居住者の年齢も大きく関連しているとのことである。</p> <p>また、たばこ・布団類が出火・着火の多きを占めることから、住宅用途であることを再確認させられる。</p>																																	
<p><b>【評価】</b></p> <p>住宅用途に絞って分析を行っているものの、戸建て住宅規模でない木造共同住宅も対象としている。また、提示されているデータから、単純に木造であるが故に死者が発生しやすいとは言えないデータが提示されていることから、本委員会においても提示すべきデータと考える。</p>																																	
評価	<p>Ⓐ：一般的に発表できる。</p> <p>B：限定的な範囲で発表できる。</p> <p>C：特殊な事例（事象）であり発表には懸念あり。</p>																																

No.	12	項目	
論文名	木質系構造の耐火技術と設計		
著者：	遊佐秀逸		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	コンクリート工学 45(9), pp.53-60, 2007.9.		
備考			

## 【内容】

国土交通省でまとめられた5階建て木質複合構造が建築可能になるためにプロジェクトの中から、耐火技術に関する研究成果を紹介するものである。

2000年以前では木造大規模建築は耐火上無理だったが、法改正後は必要な性能を有していれば耐火建築物として取り扱えるようになったことを背景に、ルートAの認定部材を研究開発したものを紹介している。

そもそも耐火建築物とは、消火活動を行わないで内部の可燃物が燃え尽きても、主要構造部が荷重を支えながら、建築物が崩壊しない建築物のことであることを記し、木造耐火建築物に対して下図のような考え方が整理されている。

図のような考え方をもとに研究開発されたものを、軸組材それぞれ、壁、床に対する実験検討の結果も照会している。燃え止まり性状を木質系部材で初めて検討したものは、ここに記載されている元のプロジェクトが初めてとしている。

また、木質系構造の5階建て建築物実物件の紹介も行っている。

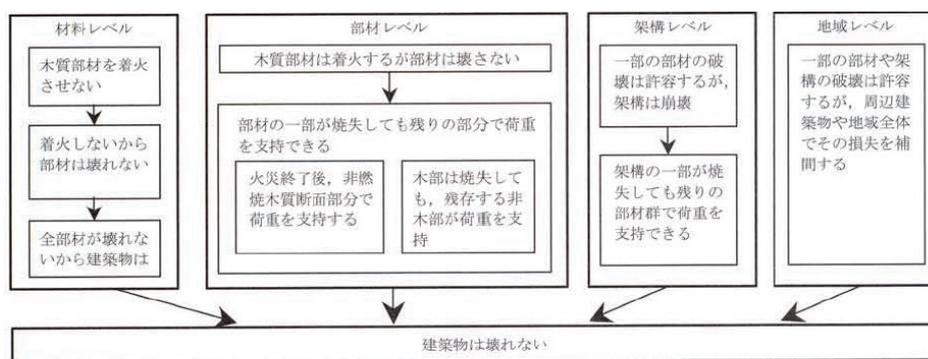


図-1 建築物の耐火性能評価の概念

## 【結果】

総説であるために、上記したので、結果は割愛。

## 【評価】

総説であるものの、内容としては本委員会に役立つ資料である。耐火・準耐火のそもそもの考え方が述べられていることから、一部を提示した。ただし、結果の言及については、参考文献とされているものを取り扱うべきである。

評価

A：採用すべきである。

Ⓐ：一部を採用すべきである。

C：不採用とする。

No.	13	項目	
論文名	難燃処理層のシェル型配置によるカラマツ集成材柱の燃え止まり技術の開発		
著者：	原田寿郎, 安藤恵介, 宮林正幸, 大内富夫, 宮本圭一, 上川大輔, 服部順昭		
分類：調査、実験等	実験・開発		
調査、実験年			
掲載媒体	木材学会誌 54(3), pp.139-146, 2008.5.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>1 時間耐火の構造部材の開発を目的として、カラマツ集成材をとりあげ、難燃処理木材の層で集成材を燃え止まらせる方法を実験的に検討している。</p> <p>燃え止まり部分に、CO<sub>2</sub>レーザによるインサイジング加工を施して難燃性能を付与した準不燃材料としたものを用いて、それをシェル型に配置し、1時間耐火構造部材としたものについて、加熱実験（加熱1時間、25時間炉内放置）を行っている。</p> <p>実験のパラメータは、全断面積（それに伴った燃え止まり層断面積）、燃え止まり部分のインサイジング密度である。</p>			
<p>【結果】</p> <p>この実験から明らかとなった知見および具体的な仕様を以下に列挙する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・難燃薬剤にはカルバミルポリリン酸アンモニウムを主成分とする薬剤が有効である。</li> <li>・表層から10-25mmを燃えしろ部分とする。</li> <li>・燃えしろ部分の内側に厚さ50mm以上の燃え止まり部分を設ける。</li> <li>・燃えしろ部分には表面での赤熱防止のため20~40kg/m<sup>3</sup>、燃え止まり部分には燃焼発熱抑制のため70kg/m<sup>3</sup>以上を目安に薬剤を注入する。</li> <li>・コア部分には必ずしも難燃薬剤の注入は必要としない。</li> </ul>			
<p>【評価】</p> <p>技術開発の類の文献であるが、1時間耐火木質構造に対する具体的な技術が検討されており、現在の耐火性能を保持させる部材仕様の例として、提示して紹介するに十分なものと考えられる。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	14	項目	
論文名	防火の考え方と防火の性能評価		
著者：	山田誠		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 29(3), pp.189-196, 2003.5.		
備考			

【内容】

平成12年の基準法改定以後、防耐火構造について総説的に説明をしている文献である。

防耐火構造の区別（耐火構造、準耐火構造、防火構造、準防火構造）、それぞれ要求される地域や建築物の規模が図表にまとまっており、さらにこれらを構築する構造・材料のそれぞれに対してどのような試験を以て大臣認定指定（ルートA用）を取得するかを説明している。

【結果】

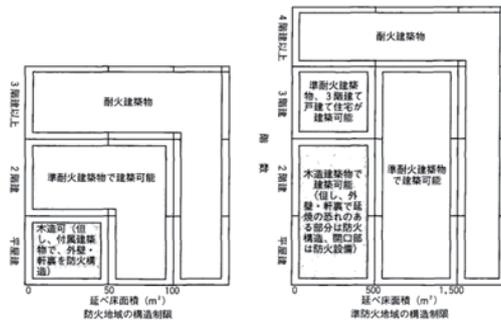


表1 構造形式・部位と要求耐火時間

部位	耐火構造	準耐火構造	防火構造	準防火構造
耐火構造	1, 2時間	45分, 1時間		
準耐火構造		1時間	45分, 1時間	30分
防火構造			1時間	45分, 1時間
準防火構造			45分	30分
柱	1, 2, 3時間	45分, 1時間		
梁	1, 2時間	45分, 1時間		
はり	1, 2, 3時間	45分, 1時間		
屋根		30分	45分, 1時間	
床		30分	45分, 1時間	30分
壁		30分	45分, 1時間	30分
開口部		30分	45分, 1時間	30分

表2 防火材料の技術的基準（建築基準法施行令第138条の2、平成12年建設省告示第1400号、附則1401号、附則1402号）

用途の区分による火災が抑えられた場合、

用途区分	要求時間	用途、要求性能等
不燃材料	20分間	①燃焼しないこと ②防火上有害な放射、濃煙、高温その他の損傷を惹起しないこと ③燃焼し有害な放射を発生しないこと
準不燃材料	10分間	上記の①②③の性能を有すること ★1建築物外に逃げ上るものは①②③が適用 ★2建築物外に逃げ上るものは①②③が適用
難燃材料	5分間	上記の①②③の性能を有すること ★1建築物外に逃げ上るものは①②③が適用

建築地域および規模と必要防火性能は、上図の通りにまとめられている。また、構造に関する各部位がどのような試験で、性能を確保しているかに関する試験方法がまとまっている。非損傷性、遮熱性、遮炎性が必要性能となっており、各部構造として、壁構造、床・梁・柱構造、屋根構造、軒裏構造、耐火構造、防火設備へのそれぞれの試験方法と要求性能が記述されている。防火設備、特定防火設備として木製扉が多数認定されているとの記述は、興味深いところである。

【評価】

所謂総説的なものではあるが、木造建築の必要防耐火性能と規模等が図表にまとまっており、最終資料整理に有用な文献である。また、防火設備として木製のものが大臣認定されているなど、収録に値する記述がいくつかある。

評価

- A：採用すべきである。
- B**：一部を採用すべきである。
- C：不採用とする。

No.	15	項目	
論文名	防火材料・耐火構造への木質材料の利用		
著者：	原田寿郎		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 32(6), pp.246-250, 2009.5.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>2000年の建築基準法の改正によって、他種構造材料と同等に木質材料を扱える可能性が認められ、当時までにどのように木質材料が使用できるようになったのかを説明している。</p> <p>木質材料と木質材料を用いた構造の二つに分け、それぞれの当時までの開発の動向と今後の課題を説明している。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>木質材料の防火性能付与の方法としては、無機物と複合化させるか難燃薬剤を含浸する方法があるが、いたずらにこの方法の開発を促進させるだけでなく、難燃薬剤の注入量や外的要因による溶脱メカニズム、さらに使用箇所による必要性能のバランスを考慮し、木材が本来有する耐火性能を宣伝することも課題の一つであると述べている。</p> <p>木質材料を用いた構造も、2000年の法改正以後、実験によって性能が確認出来れば大臣認定を取得できるようになったことを説明しており、被覆材料として木質材料を用いるものや木材に不燃材料を被覆するもの、高密度木材等の挿入によって燃え止まり層を形成するものを、文献を引きながら例を紹介している。</p> <p>この時点でも燃え止まりのメカニズムは未解明であるとしており、この解明を合わせて1時間より長い耐火構造部材の開発が望まれるとしている。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>総説的文献ではあるが、当時の、防耐火構造に必要な性能が記され、それに対する具体的仕様が例示されている。実事例を紹介していることから、参考資料の一部とすべきであると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p><b>Ⓐ</b>：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	16	項目	
論文名	防火木材の研究 第1報		
著者：	栗山寛, 小泉勝永		
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年			
掲載媒体	建築學會論文集(21), pp.166-168, 1941.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>当時より東京都をはじめとした主要都市の木造建築物に対して、市街地建築物法令と防空建築規則によって防火的措置が考慮されて、耐火木材（当時呼称）の使用を強制されていたが、より完全な防火木材の開発を目的として、その根本的な方針を論ずるものである。</p> <p>当時、都市部では空襲が必至の事柄であることから空襲という外的燃焼要因に対して敏感であった。鉄筋コンクリート造にするのが理想であるが、全ての建築物に対しては不可能なため、防火木材を以て防火的改修を行うのが最良であるとのことで、その措置を検討するものである。文中では、所詮木造家屋であり、消防力と相俟って初めて防火性能が完全に近くなることを納得しながら、その措置を検討しなければならないとしている。</p> <p>先述しているように外的要因に敏感であるものの、内部の不燃化を考えなければならない、外部への延焼防止措置的な考え方は、当現代の防耐火の考え方に沿うものとなっている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>木材の燃焼メカニズムは、温度の上昇とともに化合物でない水分が飛び出し、300度前後で熱分解によって可燃性ガスが発生して延焼の過程を辿るものである。従って可燃性ガスが発生する前に木材の主成分を炭素と水に分解することが出来れば延焼には至らない。それまでの耐火木材に使用していた注入薬剤は、水に溶け出るものであり、さらに中性でないとのことで、これを批判している。薬剤の具体的な実験・検討は次報で論じられているものの、当該論文では結論として、・注入する薬剤は中性なものでなければならない。・外不燃性に対して、非親水性の塗料を必要とする。を挙げて、その後の実験に発起している。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>一連の論文の緒言的位置づけであるものの、現代までの防耐火の考え方の変遷の大本に近いものである。現代では考えずとも良い空襲に対する防耐火の考え方の進歩が、現在に繋がっているなど、歴史的背景がわかるものであり、一部を紹介すべきと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	20	項目	
論文名	木材の発熱速度におよぼす難燃剤の効果		
著者：	菊地伸一，前田恵史		
分類：調査、実験等			
調査、実験年			
掲載媒体	木材学会誌 53(5), pp.276-282, 2007.9.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>防火材料製作のための、木材へ注入する難燃剤の効果に関する文献である。法改正以後、燃焼特性の一つである発熱特性を確かめるにはコーンカロリー計試験が用いられるようになってきているが、行われている多くの薬剤処理木材に対する実験では、薬剤の種類や含量、組み合わせなどを明らかにしていない。当該文献では、リンを含む難燃剤5種、ホウ素を含む難燃剤3種、その他1種の薬剤を用意し、試験片（針葉樹1（スギ）、広葉樹1（ヤチダモ））を所定濃度の水溶液に浸漬し、減圧加圧法によって難燃剤を含浸させる方法で試験体を製作している。</p> <p>実験方法はISOに則り、養生条件はJISに準じている。測定項目は、酸素濃度からの発熱速度、各時間の総発熱量、質量減少速度である。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>難燃剤の含量が多くなるほど着火時間は長くなり、着火しない試験体もあった。この傾向はスギ、ヤチダモとも同様である。ただし、加熱初期の発熱量が異なるため、同一難燃処理条件においては、ヤチダモの総発熱量はスギより大きい。</p> <p>難燃剤の系統別比較では、総発熱量が、リンを含むもの&gt;ホウ素を含むものとなった。</p> <p>木材の燃焼には、可燃性混合気着火を形成する発炎燃焼過程（対して防災）と、炭素の酸化燃焼である赤熱過程（対して防じん）からなっているが、リン系薬剤では、防じん効果が防災効果に比して少なかった。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>防火材料開発のための基礎研究として大いに重要ではあるが、専門知識を必要とする内容のため、本委員会の趣旨とは離れており、一般に示すものではないと考える。ただし、情報を資料としてまとめるための一部にはなると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ B：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

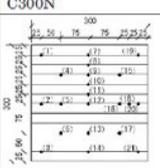
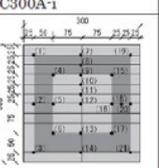
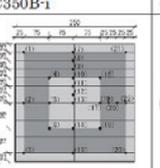
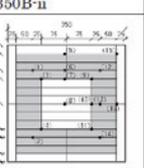
No.	21	項目	
論文名	燃焼抑制機構の研究の必要性と動向		
著者：	平野敏右, 仲谷一郎		
分類：調査、実験等			
調査、実験年			
掲載媒体	日本火災学会論文集 36(1,2), pp.19-31, 1987.6.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>No.16 文献の時代より防火木材の研究開発が行われているにもかかわらず、注入薬剤には当時まで多々解決すべき問題が残っている。そのような背景の中、各分野の専門家が集まって燃焼制御機構研究会が発足された。その研究会における研究の動向についてまとめるものである。</p> <p>防火材料に要求される性能は、室内の空気を汚染せず、表面に毒性のある物質がしみ出さず、燃焼時にも毒性のある気体を放出しないことである。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>燃焼抑制機構について、薬剤の成分からその処理方法を分類し、主に化学的にその効果を分類している。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>難燃材料開発の必要性や、当時までの研究の動向が詳しく解説されているものの、総説的文献であり、尚かつ専門的内容が多いため、提示資料とは成りがたいと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

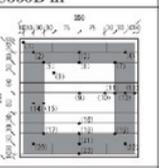
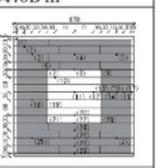
No.	22	項目	
論文名	難燃処理ラミナを用いた耐火集成材の開発 -スギ集成材柱の1時間および2時間耐火性能-		
著者：	上川大輔, 原田寿郎, 宮林正幸, 抱憲誓, 西村光太, 宮本圭一, 大内富夫, 安藤恵介, 服部順昭		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会環境系論文集 75(657), pp.929-935, 2011.2.		
備考			

## 【内容】

2000年の建築基準法改正により、木質構造でも、ある性能を有していれば耐火建築物とすることが可能となった背景から、耐火集成材の開発を実験的に検討したものである。通常の集成材に対して耐火試験を行うと、加熱終了後も消炎しないことから荷重指示部周りに燃え止まり層を設ける必要があり、当該論文以前では難燃材料（ジャラやモルタル、石膏ボードなど）を集成材内部に配置する方法がとられていたが、当該論文では全てを木材で補うことを念頭に難燃薬剤を注入した木材を燃え止まり層として配することで1時間耐火および2時間耐火の仕様を検討している。

試験体は、下表のようなものであり、シェル配置の燃え止まり層にあたる部分にレーザーインサイジング処理を施して難燃薬剤を注入したものである。試験方法は水平加熱および載荷加熱で、1時間および2時間の加熱ののち、加熱時間の3倍時間移行での燃え止まりの有無を確認している。

No.	C300N	C300A-i	C350B-i	C350B-ii
断面仕様 ●：熱電対 (括弧内は熱電対 No.) □：無処理部 ■：レーザーインサイジング +薬剤処理 ■：薬剤処理				
断面寸法	300×300 [mm]	300×300 [mm]	350×350 [mm]	350×350 [mm]
コア	断面寸法に同じ(無処理)	150×150 [mm] 薬剤A	150×150 [mm] 薬剤B	150×150 [mm] (無処理)
燃え止まり層	無し	厚さ 50 [mm] レーザーインサイジング+薬剤A	厚さ 75 [mm] レーザーインサイジング+薬剤B	厚さ 50 [mm] 薬剤B (レーザーインサイジングなし)
表層	無し	厚さ 25 [mm] 薬剤A	厚さ 25 [mm] 薬剤B	厚さ 25 [mm] (無処理)
薬剤固定量	無処理	155 [kg/m <sup>3</sup> ]	169 [kg/m <sup>3</sup> ]	171 [kg/m <sup>3</sup> ]
試験種別	1 h 加熱	1 h 加熱	1 h 加熱	1 h 加熱

No.	C350B-iii	C470B-iii
断面仕様		
断面寸法	350×350 [mm]	470×470 [mm]
コア	210×210 [mm] (無処理)	210×210 [mm] (無処理)
燃え止まり層	厚さ 60 [mm] レーザーインサイジング+薬剤B	厚さ 120 [mm] レーザーインサイジング+薬剤B
表層	厚さ 10 [mm] (無処理)	厚さ 10 [mm] (無処理)
薬剤固定量	220 [kg/m <sup>3</sup> ]	217 [kg/m <sup>3</sup> ]
試験種別	1 h 載荷加熱	2 h 載荷加熱

薬剤の種類はリン酸水素アンモニウム・ホウ酸・四ホウ酸ナトリウム水和物の化合物（A）、カルバミルポリリン酸アンモニウムを主体としたもの（B）である。

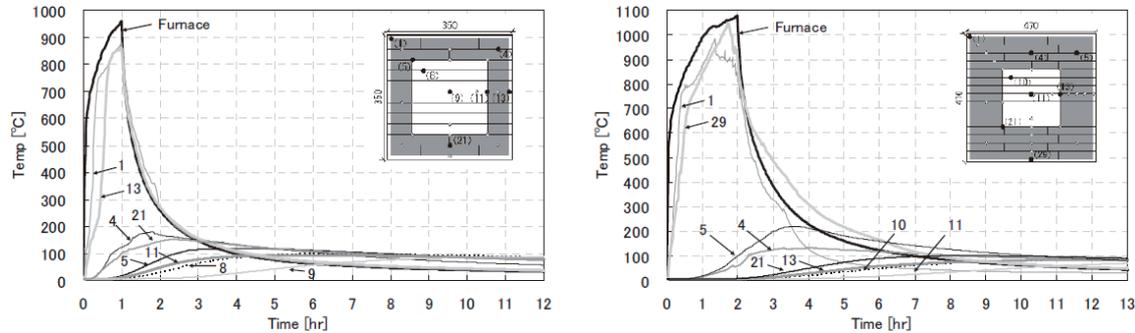
### 【結果】

無処理のスギ集成材は燃え止まらず、260度の炭化温度で0.7mm/min.の速度で炭化した。

A 薬剤のものは、放置中の温度上昇が抑えられたものの、一部で赤熱燃焼が継続してしまい、結果的には全体が延焼した。処理ムラの影響も考えられるため、インサイジング処理での注入によって、部分的な燃焼を抑えられる可能性がある。

B 薬剤のものは、加熱後全ての部分で温度低下が見られ、燃え止まり層での燃え止まりが確認され、荷重支持部に炭化は見られなかった。

載荷加熱試験においては、断面性能の大きい C470B-iii では2時間の耐火構造認定基準を満足する仕様であることが確認された。



### 【評価】

当該研究は2000年の法改正以後、木質構造建築物が防耐火の面で他の構造種別と同等に評価可能となったことに対して、実際に建築物が成立するための技術開発として大変重要なものである。取り上げて資料中に提示することとする。

評価

○A：採用すべきである。

B：一部を採用すべきである。

C：不採用とする。

No.	23	項目	
論文名	耐火性能		
著者：	菅原進一		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	建築雑誌 109(1364), pp.24-25, 1994.9.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>昭和初期から当時までの木造建築物に関わる、耐火性能に関する法規の変遷を紹介するものである。各時代での基準に沿うための、具体的な方法についても簡単に紹介されている。</p>			
<p>【結果】</p> <p>当時の木造建築の防耐火における限界の性能は、法律上準耐火構造までである。その後大きな法改正が待っているものの、当時までも段々と緩和されていることが記されている。</p> <p>基本的には石膏ボードを貼ることで延焼を防ぐこと、一定以上の燃えしろを考慮すること、外的手段として消防用設備を充実させること、が当時の防耐火に現実的な対策である。</p>			
<p>【評価】</p> <p>木造建築の防耐火に関わる法規の変遷がまとまっているものの、若干古い文献であるため、より新しいものを採用すべきである。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	25	項目	
論文名	木材の密度と着火時間の関係		
著者：	長岡勉, 辻本誠, 古平章夫, 上原茂男, 菊地伸一		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会構造系論文集 559, pp.233-236, 2002.9.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>木材が可燃性の材料であり、木質内装を用いる場合には建築基準法によって厳しい制限があること、耐火を考えるにあたって着火条件の把握が不可欠であることに発起して、木材の代表的物性の一つである密度と着火時間の関係を実験的に検証したものである。</p> <p>試験体寸法は100mm*100mm*25mmで、樹種はオーク、セン、ナラ、サクラ、ベイマツ、ラワン、スギ、オーク（ウレタン塗装）の7種である。試験方法はコーンカロリー試験であり、輻射方式の外部加熱で30kW/m<sup>2</sup>,50kW/m<sup>2</sup>の二条件で実験を行っている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>着火温度に関しては、どの樹種でも密度には大きく影響はしていない。</p> <p>既往の着火時間の予測モデルを用いて、樹種を総じて着火時間と密度の関係を明らかにしており、係数を定めて一次式で表している。およそ良い一致を示しており、検討課題が解決されているものの、塗装を施したものに対する評価は未解決である。</p> <p>また、含水率の影響についても示唆しており、その後の検討課題としている。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>構造に特化する内容ではないものの、木材の基礎的な物性として着火との関係を検討したものであるため、参考資料としては有用と考えられるが、未処理材を主に対象としており、防耐火技術の側面からは紹介は難しい。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	31,32	項目	
論文名	関東風木造家屋火災の火焰面積と延焼輻射熱 関西風木造家屋火災の延焼輻射熱と火焰面積		
著者：	藤田金一郎		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	建築學會論文集(29), pp.287-300, 1943.5.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>以下の実大実験について、主に火炎面積を各立面に対してスケッチを続け、時間経過に対するその拡がりについて述べたものである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 帝大構内第二回火災実験、月島第一回・第二回火災実験、墨田火災実験、川口火災実験</li> <li>・ 鹿島第二回火災実験</li> </ul> <p>また、温度計測による延焼輻射熱についても時間経過とともにデータをまとめており、防火的改修の効果についてまとめている。</p> <p>各実験の試験体（実大家屋）の違いは外壁の仕様が主であり、関東風（下見板張り）、関西風（土塗り壁）、改修（モルタル塗り）などである。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>事件系列毎の細かなデータが記してあるものの、各試験体の仕様の違いに対する詳細な分析は行われていない。</p> <p>関東風＞関西風で、燃焼が緩慢で火炎温度も低いとのことである。</p> <p>いずれの実験でも、外壁を改修していれば火炎面積の拡がりが約半分程度に抑えられている。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>貴重な実大火災実験の結果について述べているものであるが、仕様の相違による結果への影響が細かに分析されているものではない。結果論として、外壁の仕様によっては火炎面積等の拡がりが小さいなどのことは記されているものの、一般的な知見として紹介はしづらいものであると考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	33	項目	
論文名	木造内装居室における天井不燃化の防火安全効果 「天井不燃・木造壁工法」にもとづく内装防火設計に関する研究・I		
著者：	長谷見雄二，吉田正志，中林卓哉		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会構造系論文報告集 446, pp.137-145, 1993.4.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>内装に木質材料が使用される場面が増えてきている当時、内装の中でも天井に対する不燃化の工夫を行っていけば、急激な燃焼拡大であるフラッシュオーバーには至りにくく、天井不燃化が最も効率が良いとこのことを発端とする研究である。室の燃焼拡大過程は、内装表面の加熱機構による燃焼拡大性状に支配されるため、それに着目した、内装工法による防火安全性の評価手法を構築することを目的としている。</p> <p>実験のパラメータは、鉛直構面の内装仕様であり、合板を使用したものとスギ板を使用したものの2種類である。火元を拡散型バーナーとして、室の内部のコーナーに配置している。20分間の加熱条件（0min～10min:100kW,10min～20min:300kW）で、残炎を強制鎮火させている。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>双方の種類とも、壁の長さ方向への燃焼拡大は顕著ではなく、天井が可燃材料である場合に比して、火災拡大防止の効果が明らかとなった。スギ・合板の仕上げ相互の違いとしては、鉛直構面の水平方向への燃え広がり方がスギの方が大きく（加熱開始10min以降）、熱慣性が合板の方が大きいという電熱学上の理由に沿っている。天井不燃化の成果が最も発揮されるのは出火後の燃焼拡大防止性能であり、着火防止性能には寄与しない。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>例え鉛直構面が木質材料現しの可燃材料であったとしても、天井を不燃化していれば少なくとも燃焼拡大についてはその効果が期待できるという実験報告である。構造種別にかかわらず、木質材料の使用可能性を示唆するための資料となると考えられる。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	34	項目	
論文名	屋根および軒の防火性能		
著者：	星野昌一		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本火災学会論文集 11(1), pp.10-12, 1961.6.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>ASTM 法での屋根面の耐火試験法は屋根面だけに対するものであり、壁に対する試験法が確立している日本に於ける防火試験体系と関連づけて、屋根と壁とを関連して試験を行う方法に改良し、JIS 化した次ステップとして、各種屋根構造の防火性能をまとめたものである。</p> <p>実験は当該論文執筆のために行われているかは不明である。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>亜鉛鉄板屋根、アルミニウム屋根、石綿スレート屋根、銅箔ルーフィング、アスファルトシングル、アスファルト絶縁金属板、ポリエステル波板、硬質塩化ビニル波板、ポリエチレン板、等について、例え当時に不燃材料として指定されていたものでも、細かに仕様と性能の関係を改めて明確化している。</p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>細かに屋根仕様の防火性能を記されているものの、建築物の防耐火に関わる資料の一部として捉えられるため、提示の必要は無いと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	35	項目	
論文名	性能的耐火設計のための学校体育館の可燃物量調査		
著者：	平井倫之，長谷見雄二，永盛洋樹，原田浩司，飯島泰男，板垣直行		
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会技術報告集 17(36), pp.549-554, 2011.6.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>可燃物密度の低い体育館等の大空間に対しては、小屋組などに無被覆の木材や金属材料が用いられるような耐火設計を行うことがあるが、こういった場合に対する安全性を示す根拠には収納可燃物の把握が必要であるとの提起より、木造校舎への関心が高い地域の既存校舎（小・中・高）体育館を対象に可燃物量の調査を行ったものである。性能的耐火設計を行うことを念頭にしている。</p> <p>調査は、体育館の各部がどのような容量か、その各部に対してどのような可燃物が収納されているか、また可燃物の構成材料（材料構成による燃焼熱）・寸法・重量等を対象に行っている。</p>			
<p>【結果】</p> <p>校舎種別に着目すると、中学校の収納可燃物が最も多い。</p> <p>可燃物が収納以外の用途の諸室に日常的におかれていることが多く、収納空間はどの校舎でも不足していることが明らかとなった。</p> <p>常置可燃物の量に対して、調査した物件ではどれでも、アリーナ、ステージ、ギャラリーが一体の空間であれば、フラッシュオーバーを起こして換気支配型燃焼になり、内装が燃焼しなければ局所火災に抑制し得る。</p>			
<p>【評価】</p> <p>実際の耐火設計用の資料・留意点のためには非常に有用な文献であるが、構造種別に関わる記述は全くないため、提示用資料とは成りがたいと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	36	項目	
論文名	加熱側の木質系面材の仕様を変化させた壁耐火試験		
著者：	野秋 政希, 大宮 喜文, 牧野 淳, 安井 昇, 宮林 正幸, 山田 誠		
分類：調査、実験等	実験		
調査、実験年			
掲載媒体	日本火災学会論文集 62(1), pp.21-32, 2012.4.		
備考			
<p>【内容】</p> <p>中大規模木造の促進に対して、最もその構成方法が確立されている枠組み壁工法を対象に、防耐火性能を検討するものである。当該論文では、他の部位に比べて薄く燃え抜けが懸念される面材に着目しており、鉛直構面の面材の仕様の変化に対する壁の温度履歴に関する定量的知見の収集を目的としている。</p> <p>パラメータは、面材の樹種（カラマツ・ヒノキ・オウシュウアカマツ）、難燃処理材種類と有無、板厚（9,12,18mm）、張り方（本実横張り、本実縦張り、ヨロイ張り）である。試験体構成は、面材、通気層、胴縁、構造用合板、中空層、たて枠、石膏ボードである。</p> <p>試験方法は載荷耐火試験である。燃え抜けが発生するまで加熱を行っている。</p>			
<p>【結果】</p> <p>面材の着火時間は2min30s程度であった。</p> <p>樹種、張り方による大きな差異はなかった。難燃処理を施した仕様は無処理のものに比べて、着火までに要する時間が1.1～1.4倍程度長くなった。板厚の増加に伴い、着火時間に到達する時間が長くなった。</p> <p>炭化速度は、板厚の増加に伴い遅くなる傾向があった。無処理のものでは樹種や張り方に関わらず1.4mm/min程度、難燃処理を施した場合は0.7～0.9倍程度となった。</p>			
<p>【評価】</p> <p>特定仕様に寄らない、枠組み壁工法の鉛直構面の防火性能に関する貴重な実験結果であると考えられる。基礎的な知見としては大変重要であるものの、今回の委員会用の提示資料としては余り適切でないものと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>Ⓐ：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		

No.	37	項目
論文名	木造建築物の防火研究の経緯と防火法規の変遷	
著者：	山田誠	
分類：調査、実験等	総説	
調査、実験年		
掲載媒体	住宅と木材, pp.18-29, 2016.4.	
備考		

## 【内容】

最近の、木造建築物に対する防火法規に対する総説である。木造建築物であっても、耐火構造が認められるようになった現代、木造建築物に関する研究開発の経緯を主に実大火災実験を通して防火関連法規が如何様に変遷したかを説明している。（下図）

実験年月	昭和51年7月 (1976年)	昭和53年12月 (1978年)	昭和54年1月 (1979年)	昭和56年3月 (1981年)	昭和56年8月 (1981年)	昭和59年9月 (1984年)	昭和61年1月 (1986年)	昭和61年1月 (1986年)
建物構造形式	枠組壁工法	枠組壁工法	在来軸組工法	在来軸組工法	木質系工業化工法	在来軸組工法	在来軸組工法	在来軸組工法
建物概要	総2階建て	小屋裏利用3階建て連続住宅	2階連戸建て住宅	総2階建て	小屋裏利用3階建て連続住宅	総2階建て	2階戸建て内装大壁仕様	2階戸建て内装真壁仕様
延べ床面積	公営住宅型(40m <sup>2</sup> ) 一般住宅型(50m <sup>2</sup> )	101m <sup>2</sup> (1F:41, 2F:35, 3F:25)	93.5m <sup>2</sup> (1F:63, 2F:30.5)	79.5m <sup>2</sup>	115m <sup>2</sup> (1F:50, 2F:39, 3F:26)	59.6m <sup>2</sup> (1F:2F:29.8)	109m <sup>2</sup> (1F:62, 2F:47)	109m <sup>2</sup> (1F:62, 2F:47)
主な内装材料	せっこうボード等	せっこうボード等	ラスボード下地 繊維壁石膏ボード等 石膏ボード等	石膏ボード 石膏プラスター等	石膏ボード等 木製防火戸	けいカル板 石膏ボード等 木製防火戸	石膏ボード等 木製防火戸	石膏プラスター 仕上げ等 木製防火ドア・窓
実験実施場所	埼玉県野田市	千葉県浦安市	東京都江東区	茨城県つくば市	愛知県江南市	茨城県つくば市	東京都江東区	東京都江東区
実施主体者等	国土開発センター、 建研、東京理科大 等	ツバイフォー建 築協会、建研、東 大等	日本住宅・木材技術 センター、建研、林 試、東大等	建築研究所、林 試等	プレハブ建築協 会、建研等	建築研究所	住・木センタ ー、建研、林試、 東大等	住・木センタ ー、建研、林試、東 大等
実施目的	枠組壁工法導入の契 機となる取組最初の 木造建築の大火災 実験	小屋裏利用の3階 建てタウンハウス 住宅、界壁等の防 火性能把握	住宅金融公庫融資住 宅に適合する一般 的な仕様の木造住宅 の火災性状把握	一般的な戸建て 住宅の防火改修 法の検討	小屋裏利用タウ ンハウスの火災 性状の把握	防火総プロの一 環として火災性 状予測の検証を 行う。	柱・梁を防火材 料で被覆した大 壁工法の火災性 状の把握	柱・梁及び2階床 板を露出した真 壁工法の火災性 状の把握
結果概要	耐火造に類似した火 災性状確認各室防火 の検証	各室防火の確認、 界壁性能の確認等	建物内延焼経路の確 認、防火的弱点部分 の把握等	改修による各室 区画の火災性状 の実証	タウンハウスの 各室防火性能の 実証	防火被覆材と開 口部による建物 内延焼抑制効果 の実証	防火被覆材と開 口部による建物 内延焼抑制効果 の実証	構造材や床材の 木材現しによる 火災性状確認
関連する成果	「不燃構造」として認 められる。	タウンハウスの防 火設計に関する資 料収集、「省令簡易 耐火構造」の認定	今後の防火設計へ の資料収集	今後の防火設計 への資料収集	タウンハウスの 防火設計に関す る資料収集	軸組木造の防火 性能向上のため の資料収集	軸組木造の防火 性能向上のため の資料収集	軸組木造の防火 性能向上のため の資料収集

実験年月	昭和62年1月(1987年)	昭和62年1月(1987年)	昭和62年12月(1987年)	平成3年12月(1991年)	平成8年3月(1996年)	平成24年2月(2012年)	平成24年11月(2012年)	平成25年10月(2013年)
建物構造形式	在来軸組工法	在来軸組工法	枠組壁工法	枠組壁工法	枠組壁工法	軸組・枠組工法	軸組・枠組工法	軸組・枠組工法
建物概要	3階建て長屋第1住戸	3階建て長屋第3住戸	総3階戸建て	3階建共同住宅	3階建共同住宅	3階建て木造校舎	3階建て木造校舎	3階建て木造校舎
延べ床面積	99.4m <sup>2</sup> (1F・2F:35、3F:30)	99.4m <sup>2</sup> (1F・2F:35、3F:30)	198m <sup>2</sup> (1F・2F・3F:66)	268m <sup>2</sup> (1F・2F・3F:89)	各階2戸、計6戸328m <sup>2</sup> (1F・2F・3F:109)	各階:約830m <sup>2</sup> 延面積:2,260m <sup>2</sup>	各階:約310m <sup>2</sup> 延面積:約850m <sup>2</sup>	各階:約310m <sup>2</sup> 延面積:約850m <sup>2</sup>
主な内装材料	けいカル板強化石膏ボード木製防火戸等	石膏ボード等戸・窓一部開放	石膏ボード等強化石膏ボード等	石膏ボード等強化石膏ボード等	石膏ボード等窓一部開放	木材の柱・梁現し内装:木材板張り	木材の柱・梁現し内装の不燃化、庇の設置等	木材の柱・梁現し内装の不燃化、防火壁等
実験実施場所	東京都江東区	東京都江東区	つくば市	つくば市	つくば市	つくば市	岐阜県下呂市	岐阜県下呂市
実施主体者等	住・木センター、建研、林試、東大等	住・木センター、建研、林試、東大等	ツープライフォー建築協会、建研等	住宅生産団体連合会、建研、東大等	住宅生産団体連合会、建研等	国総研他共同体	国総研他共同体	国総研他共同体
その他	3階建て防火仕様の有効性の評価、避難安全性の検証等	戸、窓開放による屋内延焼状況の検証	準防火地域に建築できる木造3階建て住宅の技術基準の検証	3階建共同住宅の火災性状の把握隣戸、上階住戸への影響の把握	市街地火災を想定した類焼・延焼状況の把握	内装木質仕上げ3階建て木造校舎の火災性状把握(予備実験)	3階建て木造校舎の火災対応策(準備実験)	3建て木造校舎の火災対応策の検証(本実験)
結果概要	建物内延焼防止の確認、木製開口部の防火性能実証等	開口部の開閉による屋内延焼状況の確認と重要性の実証等	建物内、上階延焼の抑制効果の実証等	各室防火、開口部の延焼防止効果の実証等	建物内延焼の防火効果、隣棟建物への類焼防止性能の実証	木質内装による火災拡大状況の確認防火壁の性能把握	内装防火設計の確認、上階延焼の抑制効果の実証	内装防火設計の確認、上階延焼の抑制効果の実証
関連する成果	準防火地域に建築する3階建て長屋住宅に関する資料収集	準防火地域に建築する3階建て長屋住宅に関する資料収集	準防火地域に建築する3階建て戸建て住宅の告示公布	防火地域、準防火地域以外に建築できる木造3階建共同住宅の告示公布	準防火地域に建築する木造3階建共同住宅の告示の公布	建築基準法第21条、27条改正に伴う政令改正と告示の公布 ①木造3階建校舎の建築が可能 ②3,000m <sup>2</sup> を超える木造建築物等が建築可能 ③木造で1時間耐火構造の間仕切壁と外壁仕様の告示公布		

【結果】

関連法規の変遷のみならず、具体的な仕様についても図説がなされている。また、今後の展望についても直近のものであるため、現代の要求課題が明確化されている。

【評価】

実大火災実験が余り査読論文化されていない中、実験研究の歴史がまとまっている資料であると考えられる。少なくとも実大実験の歴史は、資料中に提示すべきと考えられる。

評価

- A: 採用すべきである。
- B: 一部を採用すべきである。
- C: 不採用とする。

No.	42	項目	
論文名	大規模集成木造体育館の火災調査		
著者：	鍵屋浩司, 北後明彦, 宮武敦		
分類：調査、実験等	調査		
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会技術報告集 17, pp.209-212, 2003.6.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>2000年10月17日、広島県福山市立加茂中学校体育館で発生した火災についての調査報告である。日本初の大規模集成木造建築としては、はじめての全焼火災であること、火災荷重が小さいはずの用途である体育館であるのに火災感知器作動後数分でフラッシュオーバーに至っていることから、非常に貴重な火災記録であるとしており、再発予防のために火災拡大要因を分析したものである。</p> <p>建物は1997年に竣工した1階RC造2階大断面集成材による重木構造であり、平面構成は通常の体育館と同様で、屋内運動場の長辺片側に舞台が有り、その両袖がロフト（2階）、その片側は用具庫として使われており、出火源である。</p> <p>出荷源の用具庫は、舞台側へは解放されており、残りの3方向の壁は合板仕上げ、天井は木毛セメント板、床はRC造である。運動場エリアは木造アーチであり、天井は木毛セメント板仕上げ、壁は化粧合板12mmが張られていた。</p> <p>ヒアリング等によるまとめによると、火災報知器発報後9分以内にフラッシュオーバーに達しており、その後消防活動による全体鎮火までに20分を要している。<u>ただし、建物の全焼後も構造体は自立していた。</u></p> <p>調査では主要構造部材のサンプルを採取し、炭化深さ分布と残存性能について分析を行っており、その後火災性状を推定している。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>燃焼拡大の過程は、用具庫の収納可燃物が炎上して拡がり、舞台・運動場界壁に着火、壁が広範囲に燃え広がってフラッシュオーバーに至るといものである。運動場空間上部に生じていたとされる火災は界壁の炎上によると、調査の結果の炭化深さから結論づけられた。</p> <p>詰まるところ急激な燃焼拡大は、規模の小さい内壁可燃物の収納空間に大量の易燃物が収納され、さらに舞台や運動場に解放開口が隣接していたためであるとのことである。全焼後も、構造部材以外の木質仕上げ材料は脱落・溶融していたものの、木造アーチは倒壊・変形していなかった。</p> <p>結論として、一般的に可燃収納物密度の低いと言われる体育館用途建築物でも収納可燃物の量や保管方法、保管室の防耐火性能や設計によっては、大規模火災が発生する可能性が示唆された。ただし、収納物の火災安全性能は建物の構造種別とは無関係であり、用具庫等の内装への合板等の仕様も木質構造特有ではないということが強く指摘されている。</p>			

中大規模木造のはじめての火災経験から得られた大きな知見は以下の2つである。

- ・準耐火構造の要求性能である45分間の火盛期継続時間中に倒壊しないことを十分達成しており、火災継続中に、消防活動等に支障となるような著しい変形や崩壊を起こす可能性は低い。
- ・このような大規模火災であっても炭化速度は慣用値が成立し（0.67mm/min程度）、炭化部以外の集成材はその後の試験により健全材と同等の性能を保持していることが確認された。

#### 【評価】

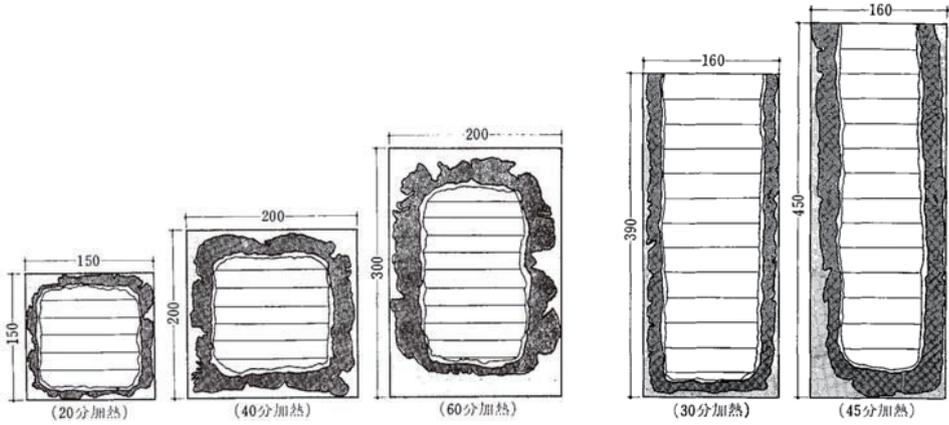
冒頭に記しているが、国内の大規模木質構造がはじめて経験した大規模火災であり、設計通りの性能を有していることが確認されたことを分析している、非常に有用な文献である。

木質材料が燃焼するという事実はあるものの、構造種別としての木造は火災に弱いわけではなく、要求性能を満たすことが出来るというために、採用して提示すべきと考えられる。

評価	<p>○A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>
----	--

No.	43	項目	
論文名	火災性状に関する考察-初期火災時における家具類の燃焼性状に関する実験的研究その2		
著者：	水野智之		
分類：調査、実験等			
調査、実験年			
掲載媒体	日本建築学会構造系論文集 370, pp.102-108, 1986.12.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>可燃収納物の一つである、詰め物椅子類を火源として、室のコーナー・中央・壁際から火災が発生した場合の、火炎高さ、火源上方の温度分布、火炎からの輻射受熱量を、燃焼速度または発熱速度を説明因子として、その推定式を提案・検証したものである。</p> <p>火災における初期火災時の性状予測は、可燃物の種類・量、火源の配置、区画の内装材材質、区画の形状、加工の有無による燃焼拡大に依存する問題である。その中で、通常のパフォーマンス検証実験では火源がガスバーナー等の理想的なものであるが、当該文献では立体的に複雑な形状である椅子を火源として、既往の燃焼特性の推定式等が適用可能かを検証している。</p> <p>実験パラメータは火源の配置で、上述している違いである。</p>			
<p><b>【結果】</b></p> <p>立体的な火源に対しても、既往の推定モデルが成り立つことが確認された。</p> <p>以下得られた知見を列挙する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・壁際の燃焼では、火炎高さは中央配置での燃焼と変わらないが、中心軸上の温度分布は壁の影響で中央配置の場合より高くなった。</li> <li>・コーナーにおける燃焼では、火炎の高さが中央配置の燃焼および壁際燃焼の場合より伸長した。</li> </ul>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>収納可燃物に関する文献であり、一つの資料とはなり得るが、特定の火源に対しての、その燃焼性状を詰める部分が多いため、一般的見解としては紹介しづらいと考えられる。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	44	項目	
論文名	住宅の防火法規		
著者：	上杉三郎		
分類：調査、実験等	総説		
調査、実験年			
掲載媒体	木材保存 28(3), pp,98-102, 2002.5.		
備考			
<p><b>【内容】</b></p> <p>構造種別にかかわらず、住宅の内装は木材などの天然素材が多いとの切り口で、住宅に関する防火関連の規制をまとめているものである。</p> <p>基本的に、住宅金融公庫の融資条件が日本の住宅の基準になっており、どのような基準を守っていれば安全かということまでは分かり易く説明されているわけではない。そこで当時の住宅に関する最低限の火災安全性を、法的規制の面から、各項目について簡単に紹介している。以下に章立てを示すが、最終的には住宅だけでなく大規模木造等の定義までを概説している。</p> <p>2. 外壁、3. 防火戸、4. 延焼のおそれのある部分、5. 屋根、6. 住宅金融公庫の融資、7. 品確法（住宅性能表示）、8. 内装制限、9. 試験方法など、10. 認定、11. 用語説明</p>			
<p><b>【結果】</b></p>			
<p><b>【評価】</b></p> <p>住宅に関するものというタイトルでありながらも、木造に関する視点で、大規模までを含めて、関連する法規を概説しているものである。簡易に記されていることで、詳細ではないものの、導入用資料にはなり得ると考えられるが、エビデンス資料としては提示すべきではない。</p>			
評価	<p>A：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>Ⓒ：不採用とする。</p>		

No.	45	項目	
論文名	大断面木材の耐火性能		
著者：	中村賢一，宮林正幸		
分類：調査、実験等			
調査、実験年			
掲載媒体	木材工業 40(12), pp.563-567, 1985.12		
備考			
<p>【内容】</p> <p>断面が有る程度大きい木材は、表面の燃焼が容易に深部まで進まなく、防火被覆がなくても火災時に必要な構造耐力を保持できるとの考えから、実験的にその燃焼特性を検討しているものである。</p> <p>柱・梁の構造部材を対象とし、トドマツ、ベイマツ、スギの集成材、製材について加熱試験を行っている。</p>			
<p>【結果】</p> <p>加熱試験の結果、全断面が燃え尽きることはなく、所定時間の火炎に対して十分な耐火性能を有していることが確認された。</p> 			
<p>【評価】</p> <p>準耐火構造に用いる燃えしろ設計のための、集成材の燃えしろの基準を制定するための根本の資料の一部となっていることから、有用な資料であり、提示すべきである。</p>			
評価	<p>Ⓐ：採用すべきである。</p> <p>B：一部を採用すべきである。</p> <p>C：不採用とする。</p>		