

3. 検討結果の概要

3. 1 実大火災実験

本研究では、耐火構造によらない木3学の防火基準を検討するための知見を収集する一環として計3回の実大火災実験を行った(表3.1.1-1)。

3. 1. 1 実大火災実験(予備実験・準備実験・本実験)の位置づけ

本研究では、木3学の主要構造部について、1時間準耐火性能を目安に検討した。しかし、建物全体の火災安全性能は、法令に具体的な規定のない接合部にも依存するうえ、部材を構造物として構成した場合の部材の相互作用、開口噴出火炎による上階延焼の可能性、救助を含む消防活動上の課題等があること、実験室レベルの実験で具体的な対策は検討されているが、木造に関する従来の実大実験の殆どは住宅用途であるため、木3学のような空間特性をもつ建物の火災性状に関する知見は必ずしも十分ではないことから、要求性能を満たす部材を組み合わせた建物全体の火災安全性能を実大規模の建物を用いて改めて確認する必要がある。

そこで、予備実験(平成23年度実験)では、主要構造部を1時間準耐火建築物の基準により設計し、防火区画が必要な部分の壁を準耐火構造、開口部を特定防火設備(鉄扉)とした以外、特に防火的配慮のない試験体建物としたところ、大規模な開口噴出火炎の発生、区画部材・特定防火設備の脱落等を契機として急速な燃焼拡大が生じた。

このため、準備実験(平成24年度実験)では、予備実験で明らかになった個々の課題を建築部材レベルで解決するために、内装不燃化による初期火災拡大の遅延及び噴出火炎性状の緩和、バルコニー・庇による噴出火炎の上階への影響の緩和、非金属製特定防火設備による火災加熱時の変形緩和等の対策を講じたところ、出火室の火災拡大の十分な遅延、開口噴出火炎による上階延焼の防止、特定防火設備の機能維持等を実現できた。しかし、学校としての基準の可能性を展望すると、予備実験の試験体建物仕様を必要不可欠な条件とすることには制約が多く、準備実験では、点火室においてフラッシュオーバー以前に局所的な部材試験の加熱温度に比べて低い温度による加熱が長時間続いたため、部材試験で評価された準耐火性能が建築物レベルで十分かどうかを判断する上での解釈に曖昧さを残した。また、出火室天井を通じて延焼した2階から、さらに3階へ延焼した段階で安全管理上の理由から消火したため、火災室等で長時間、盛期火災が続いた後の建物全体の自立性等、実大実験でなければ把握困難な建造物としての火災安全性能の検証には至らなかった。

本実験(平成25年度実験)では、教室規模の実験により、上階延焼可能性から見た内装防火設計と庇の効果のトレードオフ、鉄扉を木造壁に設置した場合の変形抑止方策等を検討し、火災拡大を抑制しながら意匠上、従来型の学校建築の計画内容と大きくは違わない仕様となるように試験体建物を設計した。また、準備実験以降、3階から飛び火飛散の可能性が生じた段階で実験を終了する安全管理計画としていたが、この条件のもとで、建物内で1時間以上、盛期火災が続いた場合の構造的影響を把握する目的で、3階の内装・収納可燃物は、下階からの噴出火炎による延焼の有無を判断するために窓付近を下階と同様にした以外は内装を不燃化し、家具類は同じ質

量の土嚢で代替のうえ、3階内部に延焼した場合は散水設備で燃焼制御できるようにした。

即ち、本実験(平成25年度実験)では、1階居室で出火させ、2階に延焼して1、2階で盛期火災になった後、3階への延焼の有無・時間は観測対象とするが、3階では燃焼拡大を制御して3階の荷重を維持することにより、火災階の耐力部材には不利側の条件のもとで1、2階の自立の状況を把握することにした。実験終了(消火開始)は、安全管理上の支障が生じない限り、2階教室の盛期火災が1時間経過した段階を予定し、実験後の部材調査の際、火災加熱1時間後の耐力部材残存断面を把握できるように計画した。

3. 1. 2 実大火災実験(予備実験・準備実験・本実験)の建物設計と実験条件

実大火災実験における実験建物の仕様、平面図、写真を、それぞれ表3.1.2-1～2、図3.1.2-1～3、表3.1.2-3に示す。

(1) 部位の要求耐火時間

学校建築における盛期火災の継続時間は、収納可燃物量や開口条件を考慮すると、普通教室等の主たる部屋では1時間以内に収まること、倒壊に大きく影響する主要構造部(外壁・間仕切壁・柱・梁・床・軒裏)を1時間準耐火構造とすれば、ほぼ収納可燃物が燃え尽きるまで建物は自立できることから、避難安全性、消防戦術、周辺市街地への影響が現行法令の1時間耐火構造の建物と1時間までは根本的に変わらないようにした(表3.1.2-1)。

(2) 建物外周部の延焼・類焼防止

延焼・類焼防止性能について、耐火構造とした場合の耐火時間にならって、主要構造部の準耐火構造の時間を設定し、周辺から建物内部への類焼、建物本体から外部への延焼危険について、1時間までは耐火構造の建物と同じになるような外壁と軒裏の仕様とした(表3.1.2-1～2)。

一方、外壁開口部からの噴出火炎による上階への延焼抑制措置として、予備実験では開口部上部に90cmを超える不燃材料仕上げのスパンドレル(約2m)、準備実験では、外壁面からの出寸法1.5mのバルコニーと庇を各階に設けた。また、本実験では予備実験同様、バルコニー・庇は設けなかったが、天井を準不燃材料として、内装の可燃物表面積を予備実験よりも減らして、噴出火炎による上階への延焼抑制効果を確認した。

(3) 内装の燃焼拡大防止性能

予備実験では、現行法令において学校には内装制限の適用がないことを考慮し、壁・天井・床は、すべて木材仕上げ(出火室含む)を基本として、燃焼拡大性状を把握することとした。

その結果、出火室は早期にフラッシュオーバーが発生し、外壁開口部からの噴出火炎により上階延焼したため、準備実験では、柱・はりについては、燃えしろ設計してあらわしとするが、壁・天井は不燃材料(床は木材)として、内装の可燃物表面積の大幅な低減と火災の初期延焼拡大抑制を行った。

準備実験では出火室がフラッシュオーバーするまでに、1時間以上を要したため、本実験では、予備実験、準備実験の結果を考慮して、壁・床は木材、天井を準不燃材料とした。

(4) 実験建物の設計

上記の(1)～(3)の考え方のもと、木3学の実大火災実験用の実験建物を設計した。

予備実験では、同一階の水平方向の燃焼拡大性状、上階への燃焼拡大性状を把握するために、幅約50m×奥行16m×高さ約15mの総3階建て(建築面積:約830m²、延べ面積:約2,260m²)の建物とした。建物は「枠組壁工法建物」、「軸組工法建物」、「防火壁(木造)」、「延焼評価用建物(木造)」で構成し、それぞれ自立するように構造的に分棟として設計した。

準備実験・本実験では、予備実験で課題となった、上階への燃焼拡大性状、防火区画を超えた燃焼拡大性状を把握するために、予備実験の約2/5にあたる、幅約24.5m×奥行12m×高さ約15mの総3階建て(建築面積:約310m²、延べ面積:約830m²)の建物とした。

それぞれの実験建物の仕様と防耐火性能を表3.1.2-1～2に示す。

(5) 実験条件

実験条件は、以下の通りとした。

- ・ 火源は予備実験、準備実験では、木材クリブ(スギ)とし、本実験では、メタノール(50cm角の鋼製パンを使用)4Lとした。
- ・ 収納可燃物は、木材クリブ(スギ)を、学校の可燃物調査に基づき算出した可燃物量に応じて各部屋に配置した。また、職員室には教職員用のパソコン、机、椅子を、教室(準備実験・本実験)には、生徒用の木製机、椅子を実態にあわせて設置した。
- ・ 各室の開口条件は、実験ごとに図3.1.2-1～3に示すようにした。
- ・ 屋内散水装置は、予備実験では設けず、準備実験及び本実験では、3階へ延焼後、3階の燃焼を抑制して、実験の安全管理上、飛び火の発生や周辺への放射熱の影響を低減して実験を継続できるように、3階の教室及び階段室上部に設置した。なお、散水は、3階の室内温度(床付近及び天井付近)を確認しながら手動で操作した。

(6) 測定項目

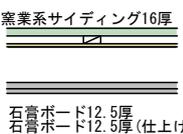
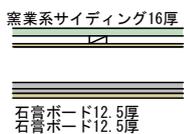
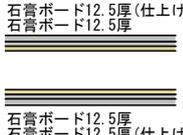
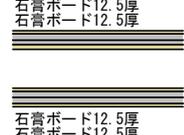
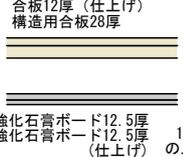
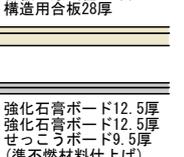
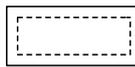
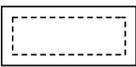
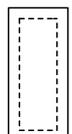
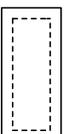
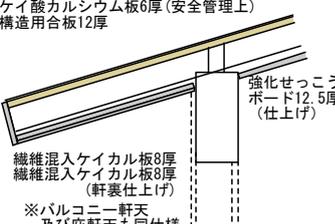
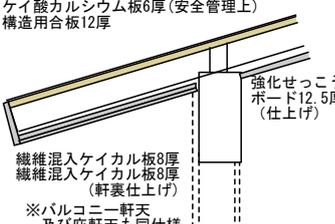
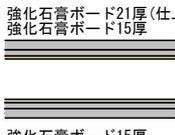
測定項目は、以下の通りとした。

- ・ 温度: 延焼経路や部材の燃え抜け性状などを把握する目的で建物内外に熱電対(K型)を518～643点設置した。
- ・ 熱流束: 火災による建物周辺への放射熱や、建物内部の放射熱を測定するために、熱流計(冷却式)を41～63点設置した。
- ・ 風向・風速等: 建物近傍及び敷地上空の風向・風速を測定した。
- ・ 煙感知器・スプリンクラー作動状況: 出火室及び2、3階の主要な室に感知器を設置して作動時間を測定した。
- ・ 火の粉の飛散: 建物外への火の粉の飛散状況を把握した。
- ・ ビデオ映像: 実験時の現象を確認するために、建物外周部(東西南北)、建物内部の映像を記録した。また、建物外周部(東西南北)の熱映像を記録した。
- ・ 写真・目視観察: 実験時の現象を確認するために、建物外周部(東西南北)から、写真撮影及び目視観察を行った。

表 3.1.2-1 各実験の目的・条件等の一覧（予備実験）

		予備実験			
		軸組工法		枠組壁工法	
		1階	2-3階	1階	2-3階
外壁	1時間標準耐火	窯業系サイディング16厚 構造用合板28厚 スギ板15厚(仕上げ)	窯業系サイディング16厚 構造用合板12厚 強化石膏ボード15厚(仕上げ)	窯業系サイディング16厚 構造用合板9厚 強化石膏ボード12.5厚 スギ板15厚(仕上げ)	窯業系サイディング16厚 石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚(仕上げ)
	1時間標準耐火	石膏ボード12.5厚(仕上げ) 石膏ボード12.5厚 構造用合板28厚 スギ板18厚(仕上げ)	強化石膏ボード15厚(仕上げ) 構造用合板12厚 構造用合板12厚 強化石膏ボード15厚(仕上げ)	スギ板15厚(仕上げ) 強化石膏ボード12.5厚 構造用合板9厚 構造用合板9厚 強化石膏ボード12.5厚 スギ板15厚(仕上げ)	石膏ボード12.5厚(仕上げ) 石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚(仕上げ)
床	1時間標準耐火	スギ板15厚(床仕上げ) 強化石膏ボード21厚 強化石膏ボード21厚 構造用合板28厚 ※床下への燃え抜け防止のため1時間耐火構造	スギ板30厚(床仕上げ) 根太18×45 強化石膏ボード21厚 構造用合板28厚(天井仕上げ) 	スギ板15厚(床仕上げ) 強化石膏ボード21厚 強化石膏ボード21厚 構造用合板24厚 ※床下への燃え抜け防止のため1時間耐火構造	石膏ボード12.5厚(床仕上げ) 構造用合板24厚 トラス 強化石膏ボード12.5厚 スギ板15厚(天井仕上げ) or 石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚(天井仕上げ)
	1時間標準耐火	燃えしろ設計(燃えしろ45) 構造用集成材(カラマツ) E105-F300 650×220, 750×220	燃えしろ設計(燃えしろ45) 構造用集成材(カラマツ) E105-F300 220×650, 220×400(大梁) 構造用集成材(スギ) E65-F255 220×350(小梁) 150×250(垂木)		
屋根・軒裏	30分標準耐火(屋根)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 ロックウール50厚 繊維強化セメント板6厚 繊維強化セメント板6厚 スギ板15厚(軒裏仕上げ)
	1時間標準耐火(軒裏)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 構造用合板28厚(天井仕上げ) 面戸板90厚 垂木 (はり)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 構造用合板28厚(天井仕上げ) 面戸板90厚 垂木 (はり)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 ロックウール50厚 繊維強化セメント板6厚 繊維強化セメント板6厚 スギ板15厚(軒裏仕上げ)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) 構造用合板12厚 ロックウール50厚 繊維強化セメント板6厚 繊維強化セメント板6厚 スギ板15厚(軒裏仕上げ)
階段	30分標準耐火	ささら桁・段板：スギ60厚			
防火壁	1時間標準耐火	壁部 強化石膏ボード21厚(仕上げ) 強化石膏ボード15厚 屋外部は窯業系サイディング16厚を増し張り 強化石膏ボード15厚 強化石膏ボード21厚(仕上げ)	壁部 強化石膏ボード21厚(仕上げ) 強化石膏ボード15厚 屋外部は窯業系サイディング16厚を増し張り 強化石膏ボード15厚 強化石膏ボード21厚(仕上げ)	壁部 スギ板15厚(仕上げ) 強化石膏ボード12.5厚 構造用合板9厚 	壁部 スギ板15厚(仕上げ) 強化石膏ボード12.5厚 構造用合板9厚
	開口部	鋼製防火戸(特定防火設備) ※窓穴区画の開口部も同仕様			
層間区画	層間スパンドレル 約2m				
外観					
			アルミ製ガラス戸(防火設備でない) 50cm突出(防火壁) 15m 階段室(窓穴区画) 防火壁 枠組壁工法 軸組工法① 軸組工法② 1時間標準耐火構造(層板30分標準耐火) 1時間標準耐火構造(屋根/階段30分標準耐火) 1時間標準耐火構造(屋根/階段30分標準耐火) 50m 16m		

表 3.1.2-2 各実験の目的・条件等の一覧（準備実験・本実験）

	準備実験		本実験		
	1~3階		1~3階		
外壁 1時間 準耐火	窯業系サイディング16厚  石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚(仕上げ)		窯業系サイディング16厚  石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚 木材12厚(仕上げ)		
間仕切壁 1時間 準耐火	石膏ボード12.5厚(仕上げ) 石膏ボード12.5厚  石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚(仕上げ)		木材12厚(仕上げ) 石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚  石膏ボード12.5厚 石膏ボード12.5厚 木材12厚(仕上げ)		
床 1時間 準耐火	合板12厚(仕上げ) 構造用合板28厚  強化石膏ボード12.5厚 強化石膏ボード12.5厚(仕上げ) 1階床はデッキプレート (仕上げ)の上に合板12厚(仕上げ)		合板12厚(仕上げ) 構造用合板28厚  強化石膏ボード12.5厚 強化石膏ボード12.5厚 せっこうボード9.5厚 (準不燃材料仕上げ)		
柱 1時間 準耐火	燃えしる設計(燃えしろ45)  構造用集成材(カラマツ) E105-F300 650×220, 700×220		燃えしる設計(燃えしろ45)  構造用集成材(カラマツ) E105-F300 650×220, 700×220		
はり 1時間 準耐火	燃えしる設計(燃えしろ45)  構造用集成材(カラマツ) E105-F300 220×650, 220×400(大梁) 構造用集成材(スギ) E65-F255 220×350(小梁) 220×250(垂木)		燃えしる設計(燃えしろ45)  構造用集成材(カラマツ) E105-F300 220×650, 220×400(大梁) 構造用集成材(スギ) E65-F255 220×350(小梁) 小梁・垂木は、 220×250(垂木) 天井被覆材の 内部に隠れる		
屋根・軒裏 30分準 耐火(屋根) 1時間 準耐火(軒裏)	ガルバリウム鋼板(仕上げ) ケイ酸カルシウム板6厚(安全管理上) 構造用合板12厚  強化せっこう ボード12.5厚 (仕上げ) 繊維混入ケイカル板8厚 繊維混入ケイカル板8厚 (軒裏仕上げ) ※バルコニー軒天 及び庇軒天も同仕様		ガルバリウム鋼板(仕上げ) ケイ酸カルシウム板6厚(安全管理上) 構造用合板12厚  強化せっこう ボード12.5厚 (仕上げ) 繊維混入ケイカル板8厚 繊維混入ケイカル板8厚 (軒裏仕上げ) ※バルコニー軒天 及び庇軒天も同仕様		
階段 30分 準耐火	ささら桁: スギ60厚 段板: スギ35厚 強化石膏ボード12.5厚		ささら桁: スギ60厚 段板: スギ35厚 強化石膏ボード12.5厚		
防火壁 1時間 耐火	壁部	強化石膏ボード21厚(仕上げ) 強化石膏ボード15厚  屋外部は窯業系サイデ イング16厚を増し張り		木材12厚(仕上げ) 強化石膏ボード21厚 強化石膏ボード15厚  屋外部は窯業系サイデ イング16厚を増し張り	
	開口部	木製防火戸(特定防火設備) ※縦穴区画の開口部も同仕様		鋼製防火戸(特定防火設備) ※縦穴区画の開口部も同仕様	
層間 区画	バルコニー・庇 出寸法1.5m		層間スパンドレル約2m		
外観	 ▼防火壁 階段室 (縦穴区画) バルコニー (D=1.5m)		 ▼防火壁 階段室 (縦穴区画) バルコニーなし		

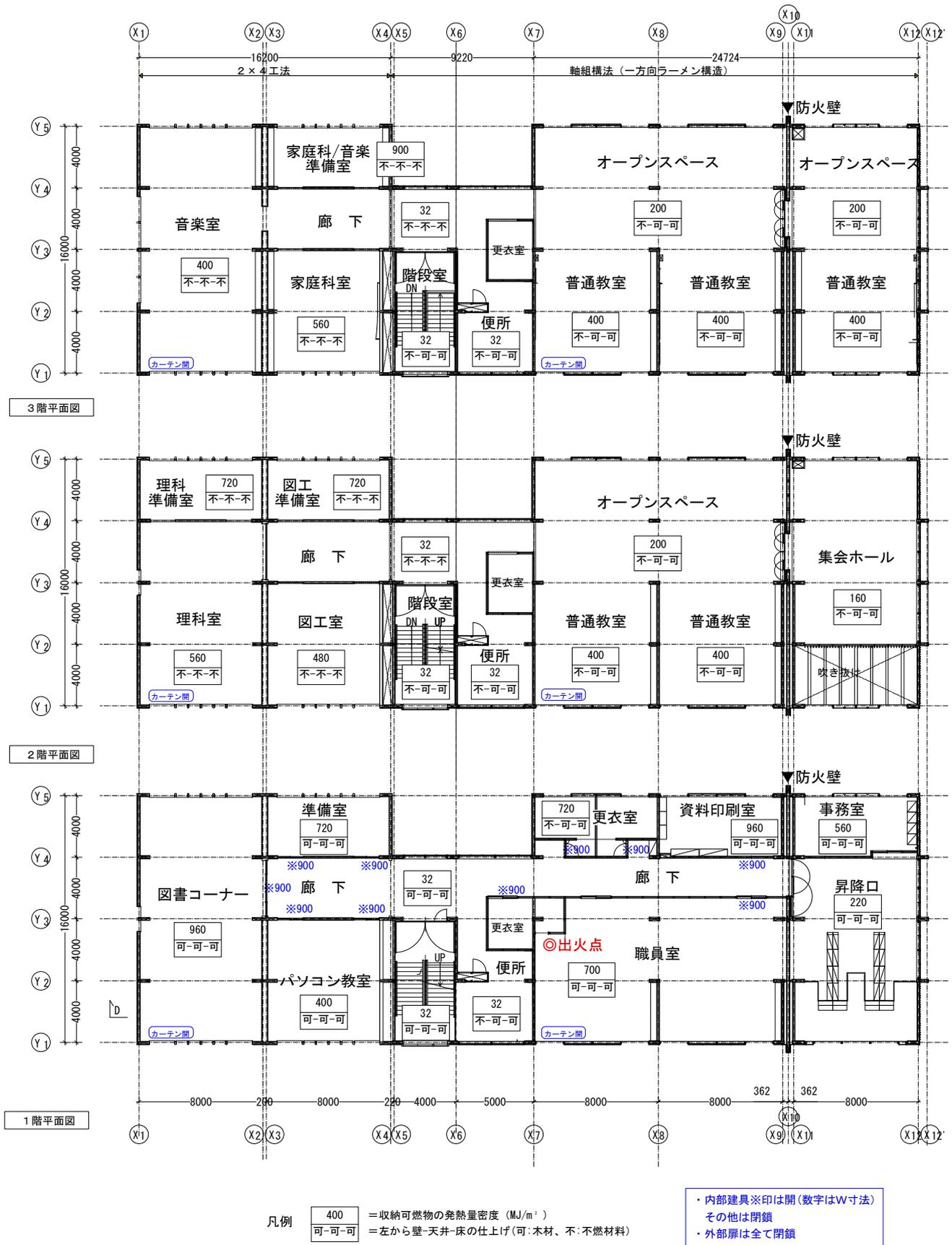


図 3.1.2-1 平面図および開口・収納可燃物等条件 (予備実験)

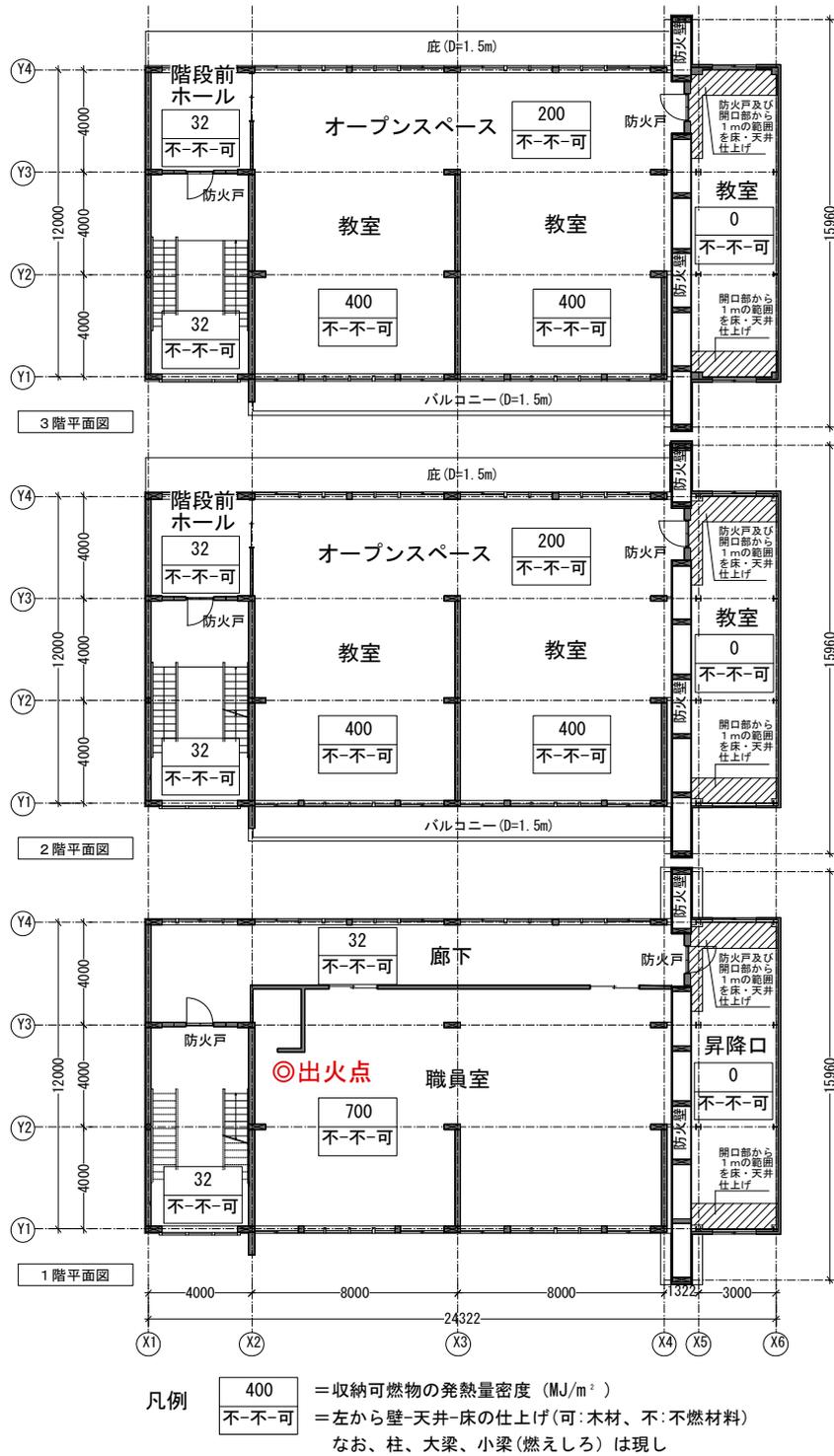


図 3.1.2-2 平面図および開口・収納可燃物等条件 (準備実験)

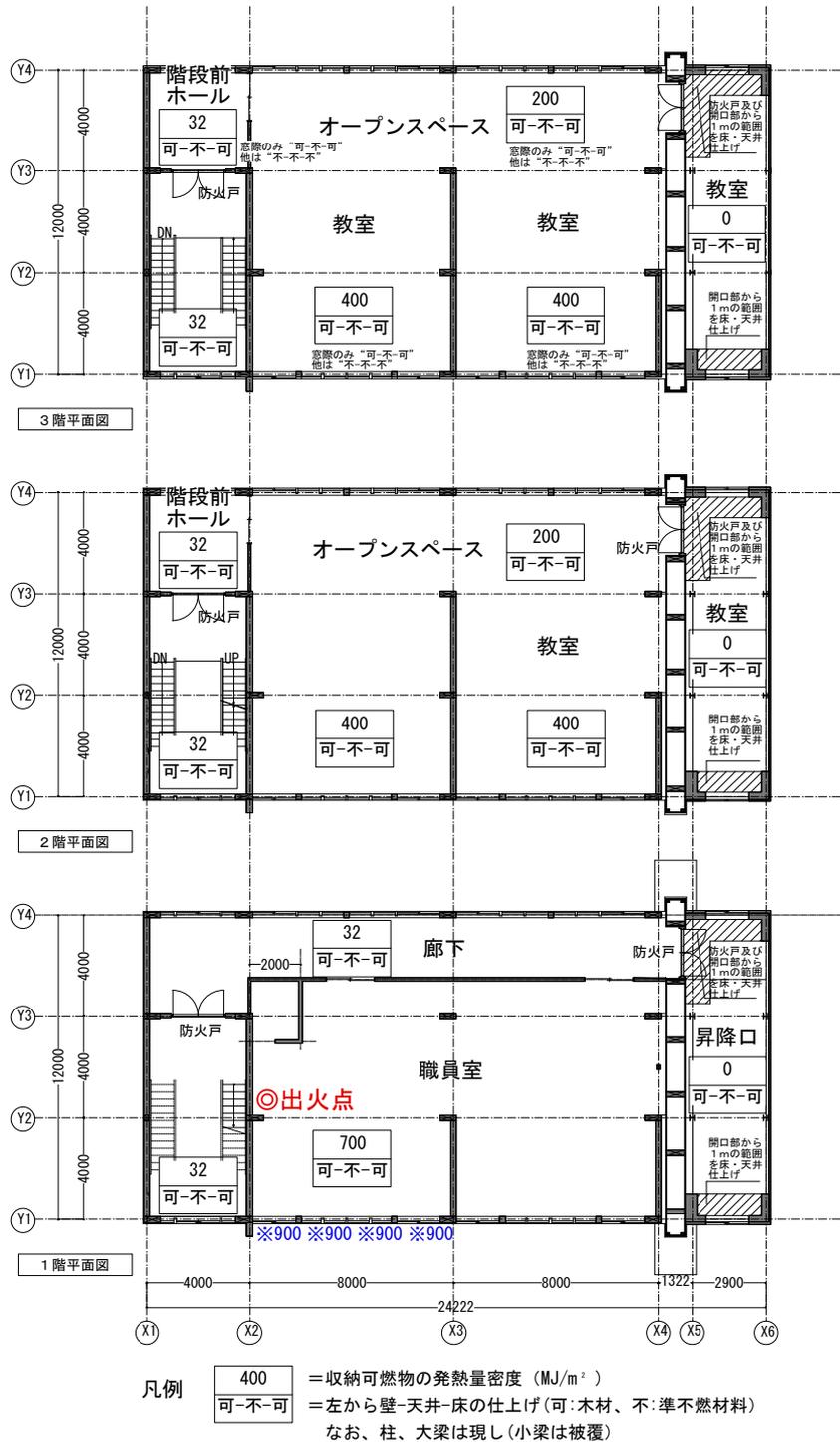
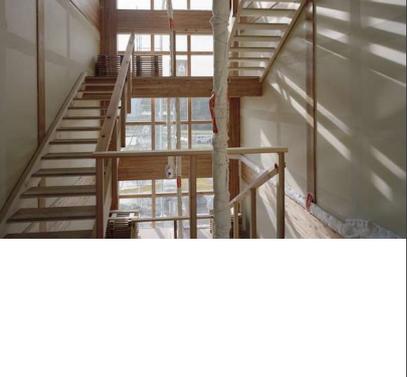


図 3.1.2-3 平面図および開口・収納可燃物等条件 (本実験)

表 3.1.2-3 実験建物の試験体外観及び内観

	予備実験	準備実験	本実験
南外観			
北外観			
1階			
2階			
3階			
階段室			

3. 1. 3 実験結果の概要

各実験の経過の概要と延焼経路を表3.1.3-1～7と図3.1.3-1～3に示す。

予備実験（平成23年度）では、出火室の外壁開口部を通じて、着火後約3分30秒に2階へ、6分30秒に3階へ延焼し、その後、すべての階が同時に水平方向へ延焼拡大し、着火後約30分で建物全体の火災になった。また、防火壁、階段室防火区画も、着火後18分、28分に突破された。実験の結果、火災安全上の主たる課題として以下の点があげられた。

- ① 着火後約 3.5 分に火災室からの開口噴出火炎による外壁開口部を通じた早い上階延焼が起こった
- ② 壁・床等の準耐火構造部材、特定防火設備等が所定の延焼防止性能を発揮できなかった
- ③ 1時間耐火構造の防火壁が最終的に倒壊した
- ④ 最上階の天井突破後に小屋裏内部を燃え広がり屋根の燃え抜けにより大量の飛び火が発生した

一方で、1時間の燃えしろ設計をした柱・はりには4面あるいは3面加熱されても1時間以上の加熱に耐えた。

続く準備実験(平成24年度)では、予備実験での課題①に対して、内装(壁・天井)の不燃化及び庇・バルコニー(外壁面からの出寸法1.5m)を設置し、噴出火炎自体の抑制と、噴出火炎による上階への延焼の抑制を狙った。また、上記②、③に対して、事前に部材実験で所定の延焼防止性能を達成しうる部材仕様や納まりを検討するとともに、防火壁の自立性を構造計算により強化した。その結果、出火室内の内装の不燃化(壁・天井)の効果で火災が局所に留まり、燃え広がらなかったため、着火後50分に松明を投入して別の可燃物に再点火を行った。再点火後約40分で火災室全体の火災に進展し、開口部より火炎が噴出した。その後もバルコニー・庇の効果で、開口部からの噴出火炎による上階への延焼は起こらず、再点火後約80分に2階床を經由して2階室内へ延焼した。2階へ延焼した後、約10分で3階へ延焼し、安全管理上の理由(火の粉飛散防止ネットの落下)で消火を開始したが、実験終了(着火後142分)まで、防火壁、階段室防火区画が突破されることはなく、防火壁の自立も保たれた。この実験で、予備実験で明らかとなった課題のうち、①～③に一定の解決策が提示できた。ただし、木3学の防火基準として、内装の不燃化、庇・バルコニーの設置が必須では、設計自由度が低いと考えられる。

そこで本実験(平成25年度)では、内装の木質化の範囲と庇・バルコニーの設置の有無を火災安全上の要求と比較しながら、基準化を想定した仕様で実験をすることとした。内装のうち、壁・床を木質化し、天井を準不燃材料とし、庇・バルコニーは設けなかった。実験の結果、天井不燃化(準不燃材料)の効果で火災は局所に留まり、着火後早々に鎮火したため、着火後20分に同じ位置に再点火し、再点火後約47分で火災室全体の火災に進展し、開口部より火炎が噴出した。その後、約15分後に2階へ、そのさらに5分後に3階へ延焼した。3階へ延焼後は、安全管理上の目的で3階に設けた室内散水装置を手動操作して、3階の延焼を抑制しながら、1階火災室でフラッシュオーバーから約88分、2階フラッシュオーバーから1時間以上、建物の自立性を確認した後消火した。

これら3回の実大火災実験より、内装の燃焼拡大の抑制、防火壁・防火区画による延焼防止、主要構造部を1時間準耐火構造とした建物、防火壁の自立性など、実大規模建物をを用いた実験でしか確認できない検討項目について、火災安全上の知見を得た。

表 3.1.3-1 3回の実大火災実験の経過比較



表 3.1.3-2 実験経過の概要 (予備実験)

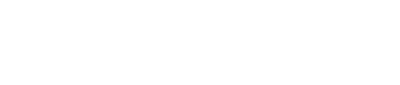
経過時間 (分)	経過時間 (分)	主な事象	
0	0	点火	
	3	出火室南側窓から火炎が噴出し、フラッシュオーバー	
	3.5	2階普通教室に延焼	
	6.5	3階普通教室に延焼	
10	18	防火壁を通じた延焼が発生	
	21	1階北側窓から煙が流出	
30	28	階段室へ延焼	
	30	全館延焼(軸組部分の屋根の一部が燃え抜け)	
45	45	桝組壁工法部分の屋根の一部が燃え抜け	
	76	防火壁西側の軸組工法部分(出火室含む)が倒壊	
95	95	桝組壁工法部分が倒壊	
	96	防火壁が倒壊	
120	122	全館倒壊	
150	150	消火開始	

表 3.1.3-3 実験経過の概要 (準備実験)

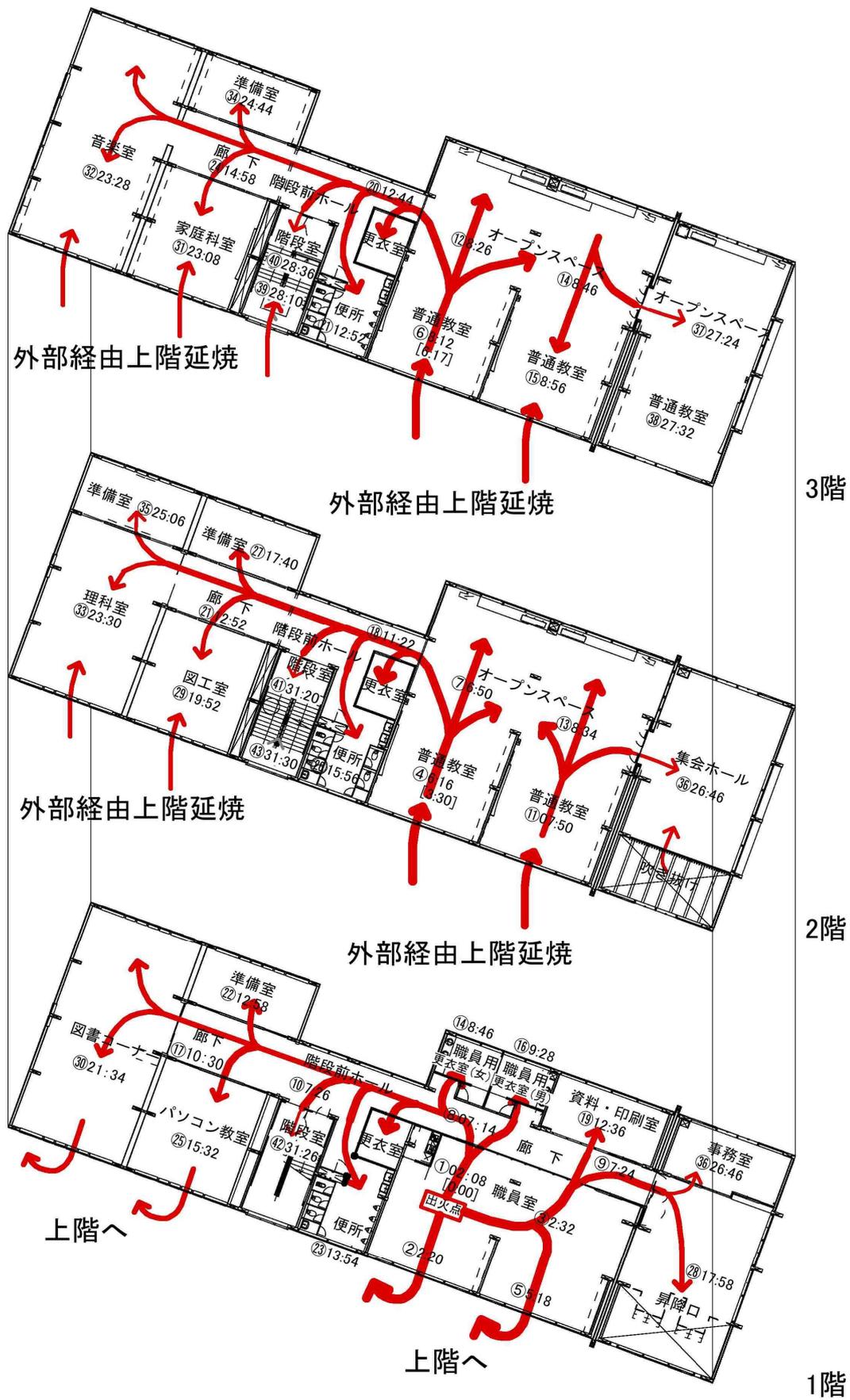
経過時間 (分)	再着火後 (分)	経過時間 (分)	主な事象
0		0	点火
10		7	出火室の南側窓から煙が流出
20		21	1階北側窓から煙が流出
30		37	出火室の煙層床まで降下
40		50	出火室に松明を投げ入れて再着火
50	0	61	出火室の窓ガラスが割れる
60	10	72	出火室の天井を火炎が広がる
70	20	87	出火室の窓から火炎が噴出
80	30	89	出火室でフラッシュオーバー
90	39	92	噴出火炎は3階バルコニーに達する
100	40	97	2階普通教室の窓が割れ、煙が侵入
	50	102	2階普通教室煙層床まで降下
	103	103	1階北側窓が割れ、黒煙を噴出
110	60	113	1階北側の窓から火炎が噴出
120	70	129	2階普通教室に延焼
130	79	131	2階南側窓から火炎が噴出
	80	134	2階北側窓からも火炎が噴出
140	89	139	3階普通教室に延焼
	90	142	放水開始
150	100	420	実験終了後も倒壊なし



表 3.1.3-4 実験経過の概要 (本実験)

経過 時間 (分)	再着 火後 (分)	経過 時間 (分)	主な事象
0		0	点火
		3	火源上の火炎が天井に達する
10		10	出火源がほぼ消える
20	0	20	火源を再度設置して、再着火
		24	火源上の火炎が天井に達する
		27	1階南側窓から白煙が流出
30		10	
40		20	
		48	出火室(南西)窓から黒煙が噴出
50		30	
60	47	67	出火室南側窓から火炎が噴出し、フラッシュオーバー 出火室南側窓ガラスが落下 出火室の煙層が床まで降下
		68	噴出火炎は2階窓上端に達する
		69	2階普通教室南側の窓ガラスが落下
70		50	
		73	2階普通教室の煙層が床まで降下[2-2]
		78	1階北側窓から黒煙が噴出 1階南側噴出火炎は軒に達する
80		60	3階普通教室南側窓ガラスが落下
		81	1階北側窓が割れ、黒煙が噴出
	62	82	2階普通教室に延焼
		83	1階北側窓から火炎が噴出し、軒まで達する
			2階北側窓ガラスが落下
	67	87	3階オープンスペースに延焼 3階に断続的な散水を開始
90		70	3階北側の窓ガラスが落下
100		80	
110		90	
120		100	
130		110	
140		120	
150		130	155 消火開始
		1680	実験終了後も倒壊なし





※室内の温度が450°Cに到達した時間をもとに作成

図 3.1.3-1 延焼経路 (予備実験)

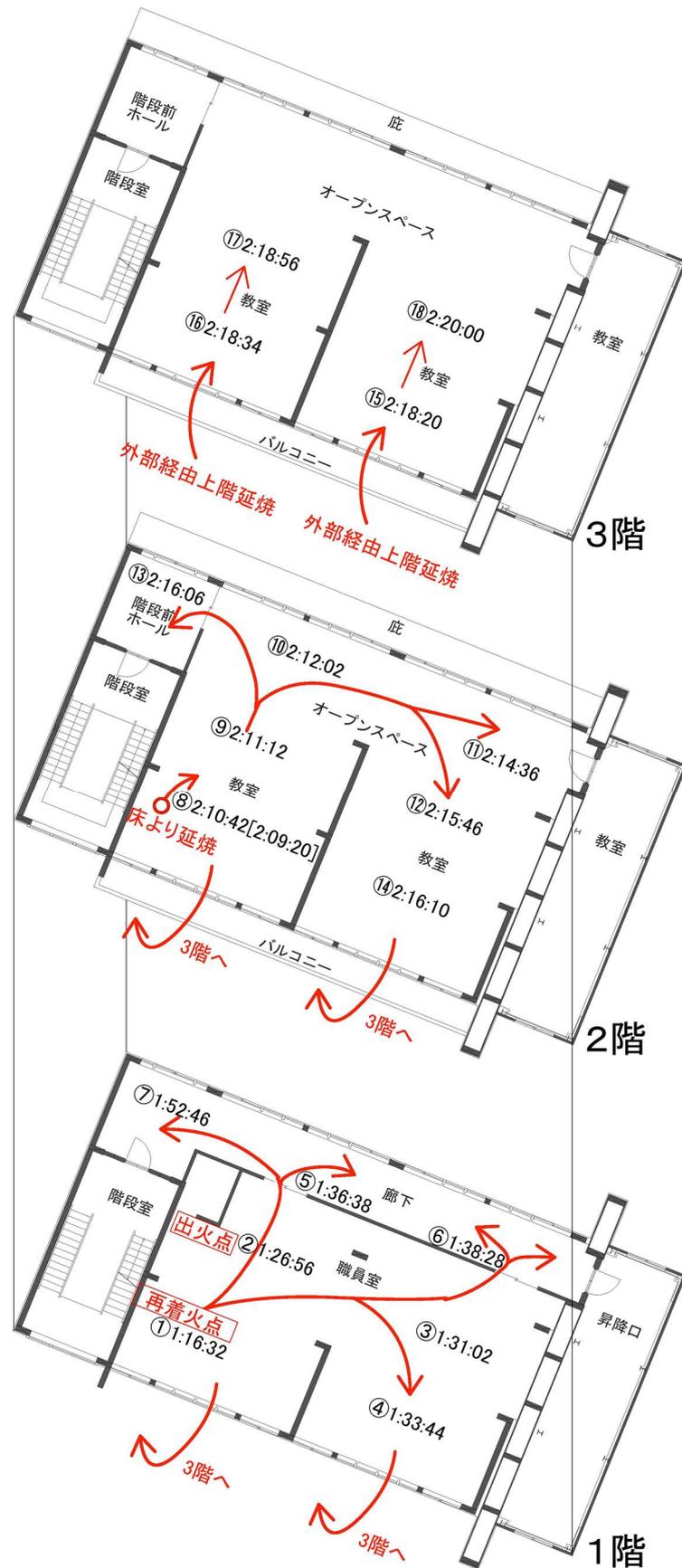
表 3.1.3-5 延焼時間と内装・可燃物条件 (予備実験)

階数	延焼 順序	室名	発熱量 密度 (MJ/m ²)	内装			点火から延焼 までの時間 (分:秒)	階数	延焼 順序	室名	発熱量 密度 (MJ/m ²)	内装			点火から延焼 までの時間 (分:秒)
				壁	天井	床						壁	天井	床	
3階	6	普通教室(西)	400	不	可	可	8:12 [6:17]	2階	36	理科室	560	不	不	不	23:30
	12	オーブンスペース(西)	200	不	可	可	08:26		38	(理科)準備室	720	不	不	不	25:06
	14	オーブンスペース(東)	200	不	可	可	08:46		39	集会ホール	160	不	可	可	26:46
	16	普通教室(東)	400	不	可	可	08:56		44	階段室	32	不	可	可	31:20
	21	廊下(階段室前)	32	不	不	不	12:44		46	階段室(踊り場)	32	可	可	可	31:30
	22	便所	32	不	可	可	12:52		1	職員室(北西)【出火室】	700	可	可	可	2:08 [0:00]
	26	廊下(西)	32	不	不	不	14:58		2	職員室(南西)	700	可	可	可	02:20
	33	階段室(踊り場)	32	不	可	可	28:10* [22:54]		3	職員室(北東)	700	可	可	可	02:32
	34	家庭科室	560	不	不	不	23:08		5	職員室(南東)	700	可	可	可	05:18
	35	音楽室	400	不	不	不	23:28		8	廊下(出火室扉前)	32	可	可	可	07:14
37	(家庭科/音楽)準備室	900	不	不	不	24:44	9	廊下(東)	32	可	可	可	07:24		
41	オーブンスペース(軸組工法②)	200	不	可	可	27:24	10	廊下(階段室前)	32	可	可	可	07:26		
42	普通教室(軸組工法②)	400	不	可	可	27:32	14	更衣室(更衣室西)	720	不	可	可	08:46		
43	階段室	32	不	可	可	28:36	17	更衣室(更衣室東)	720	不	可	可	09:28		
4	普通教室(西)	400	不	可	可	6:16 [3:30]	18	廊下(西)	32	可	可	可	10:30		
7	オーブンスペース(西)	200	不	可	可	06:50	20	資料印刷室	960	可	可	可	12:36		
11	普通教室(東)	400	不	可	可	07:50	24	準備室	720	可	可	可	12:58		
13	オーブンスペース(東)	200	不	可	可	08:34	25	便所	32	不	可	可	13:54		
19	廊下(階段室前)	32	不	不	不	11:22	27	ハンコン教室	400	可	可	可	15:32		
22	廊下(西)	32	不	不	不	12:52	30	昇降口	220	可	可	可	17:58		
28	便所	32	不	可	可	15:56	32	図書コーナー	960	可	可	可	21:34		
29	(図工)準備室	720	不	不	不	17:40	39	事務室	560	可	可	可	26:46		
31	図工室(美術室)	480	不	不	不	19:52	45	階段室	32	可	可	可	31:26		

【註】 点火から延焼までの時間は温度が450°Cに到達した時間をもとにし、[]内に目録およびビデオ等の観察により延焼が確認できた時間を記載。

*: 点火後17分26秒で下階からの噴出火炎により温度は450°Cを超えるが延焼は確認できず。

内装 不: 不燃材料、可: 木材



※室内の温度が450°Cに到達した時間をもとに作成

図 3.1.3-2 延焼経路 (準備実験)

表 3.1.3-6 延焼時間と内装・可燃物条件（準備実験）

階数	延焼 順序	室名	発熱量 密度 (MJ/m ²)	内装			延焼時間 (分)
				壁	天井	床	
3階	-	階段室踊り場(3階)	32	不	不	可	-
	-	階段室	32	不	不	可	-
	-	階段前ホール	32	不	不	可	-
	⑱	普通教室(南西)	400	不	不	可	138
	⑲	普通教室(北西)	400	不	不	可	138
	⑳	普通教室(北東)	400	不	不	可	140
	㉑	普通教室(南東)	400	不	不	可	138
	-	オープンスペース(西)	200	不	不	可	-
	-	オープンスペース(東)	200	不	不	可	-
	-	オープンスペース(防火壁前)	200	不	不	可	-
	-	教室	0	不	不	可	-
2階	-	階段室踊り場(2階)	32	不	不	可	-
	-	階段室	32	不	不	可	-
	⑮	階段前ホール	32	不	不	可	136
	⑨	普通教室(南西)	400	不	不	可	130
	⑩	普通教室(北西)	400	不	不	可	131
	⑭	普通教室(北東)	400	不	不	可	135
	⑯	普通教室(南東)	400	不	不	可	136
	⑪	オープンスペース(西)	200	不	不	可	132
	⑫	オープンスペース(東)	200	不	不	可	134
	⑬	オープンスペース(防火壁前)	200	不	不	可	134
-	教室	0	不	不	可	-	
1階	-	階段室	32	不	不	可	-
	⑧	廊下(階段室前)	32	不	不	可	112
	①	職員室(南西)	700	不	不	可	76
	②	職員室(北西)	700	不	不	可	86
	③	職員室(北東)	700	不	不	可	91
	④	職員室(南東)	700	不	不	可	93
	⑤	廊下(西)	32	不	不	可	96
	⑥	廊下(東)	32	不	不	可	98
	⑦	廊下(防火壁前)	32	不	不	可	107
-	昇降口	0	不	不	可	-	

【註】 点火から延焼までの時間は温度が450°Cに到達した時間を記載。
 発熱量密度は、単位床面積あたりの可燃物の量(発熱量)を示す。
 内装 不:不燃材料、可:木材

表 3.1.3-7 延焼時間と内装・可燃物条件（本実験）

階数	延焼 順序	室名	発熱量 密度 (MJ/m ²)	内装			延焼時間 (分)
				壁	天井	床	
3階	-	階段室踊り場(3階)	32	可	不	可	-
	-	階段室	32	可	不	可	-
	20	階段前ホール	32	可	不	可	93
	21	普通教室(南西)	400	可	不	可	135
	21	普通教室(北西)	400	可	不	可	135
	24	普通教室(北東)	400	可	不	可	136
	23	普通教室(南東)	400	可	不	可	136
	16	オープンスペース(西)	200	可	不	可	87
	17	オープンスペース(東)	200	可	不	可	87
	19	オープンスペース(防火壁前)	200	可	不	可	92
-	教室	0	不	不	不	-	
2階	-	階段室踊り場(2階)	32	可	不	可	-
	-	階段室	32	可	不	可	-
	18	階段前ホール	32	可	不	可	88
	15	普通教室(南西)	400	可	不	可	86
	14	普通教室(北西)	400	可	不	可	86
	8	普通教室(北東)	400	可	不	可	83
	7	普通教室(南東)	400	可	不	可	82
	11	オープンスペース(西)	200	可	不	可	84
	12	オープンスペース(東)	200	可	不	可	84
	13	オープンスペース(防火壁前)	200	可	不	可	85
-	教室	0	不	不	不	-	
1階	-	階段室	32	可	不	可	-
	10	廊下(階段室前)	32	可	不	可	83
	2	職員室(南西)	700	可	不	可	66
	1	職員室(北西)	700	可	不	可	66
	3	職員室(北東)	700	可	不	可	67
	4	職員室(南東)	700	可	不	可	74
	6	廊下(西)	32	可	不	可	81
	5	廊下(東)	32	可	不	可	80
	9	廊下(防火壁前)	32	可	不	可	83
	-	昇降口	0	不	不	不	-

【註】 点火から延焼までの時間は温度が450℃に到達した時間を記載。

発熱量密度は、単位床面積あたりの可燃物の量(発熱量)を示す。

内装 不: 準不燃材料、可: 木材

1階昇降口、2階教室、3階教室の開口部周辺の内装(壁と床)を一部木材として延焼を評価。

3. 2 部材実験

木3学に関して、部材レベルで以下の課題があることを念頭に、表3.2-1～5に示す部位の部材実験を行った。

- (a) 1時間準耐火構造の木造部材は既にあるとはいえ、多くは居住用途であり、学校のような大スパン建築に適した仕様が十分整備されているとはいえない。
- (b) 学校では防火区画を形成する壁以外の部分に耐力壁が存在するため、火災時に両面加熱される可能性があり、その際の非損傷性の把握が必要である。また、近隣からの延焼火災や火災が規定時間以上続いた場合は複数区画が同時火災となり、床等の部材も両面加熱される可能性がある。
- (c) 学校に適した準耐火構造仕様が未整備なため、接合部等の処理には未解明な課題が多いと考えられる。
- (d) 防火壁に必要と考えられる1時間耐火構造の木造による仕様が系統的に検討されておらず、告示に例示された仕様がいない（平成26年3月時点）。

平成22年度は、木3学の各部位について、準耐火構造の例示仕様として告示に示されておらず、近年の研究開発で防耐火性能があまり明確にされていない「木材の厚板等で構成された仕様」または「木材が仕上げとなる仕様」のうち、代表的な仕様について防耐火性能を把握するために実験を行った。

平成23年度は、主として、木材を仕上げとした1時間準耐火構造の実験を行い、その結果からいくつかの仕様を実大火災実験（予備実験）に採用した。また、鉛直支持部材（特に柱）内部の温度変化に着目して、部材の燃焼による炭化深さ、内部温度上昇が非損傷性に与える影響を詳細に把握するための実験を行った。

平成24年度は、平成23年度の実大火災実験（予備実験）で観測された現象を耐火炉で再現し、両面加熱を受ける床や壁の防耐火性能や、通常の火災（性能評価試験にも採用されているISO834標準加熱曲線に準じた加熱）よりも急激な加熱を受ける床や壁の防耐火性能について検討を行った。また、同じく実大火災実験（予備実験）で課題となった防火壁や防火区画に設ける特定防火設備の仕様や躯体との納まりについて、防火上支障のない仕様を開発するために、片開き・両開きの防火戸（木製・鋼製）について加熱実験を行った。

平成25年度は、平成24年度の実大火災実験（準備実験）で観測された現象を耐火炉で再現し、フラッシュオーバー以前に長時間高温の予熱を受ける床（天井面）や壁の防耐火性能について検討を行った。また、防火壁に用いる1時間耐火構造の外壁・間仕切壁の仕様の検討を行うとともに、柱と大梁、大梁と小梁等の接合部の防火的な処理を明確にするために、加熱中及び加熱後の炭化性状や部材内部温度を詳細に測定した。

以上の主旨で行った全実験の主な結果を表3.2-1～5に、試験体図の一例を図3.2-1～2示す。なお、平成23～25年度の実験に関しては、それぞれの実験の主旨である、以下の①～③（平成25年度は①～⑤）を表右欄に示した。

- ①木造3階建て学校火災実験で使用する部材の正確な準耐火性能の把握
- ②加熱条件又は水平力の違いが部材の準耐火性能に与える影響の把握
- ③木造による1時間耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握
- ④木造による1時間準耐火構造の告示化に向けた準耐火性能の把握
- ⑤技術指針作成のための性能の把握

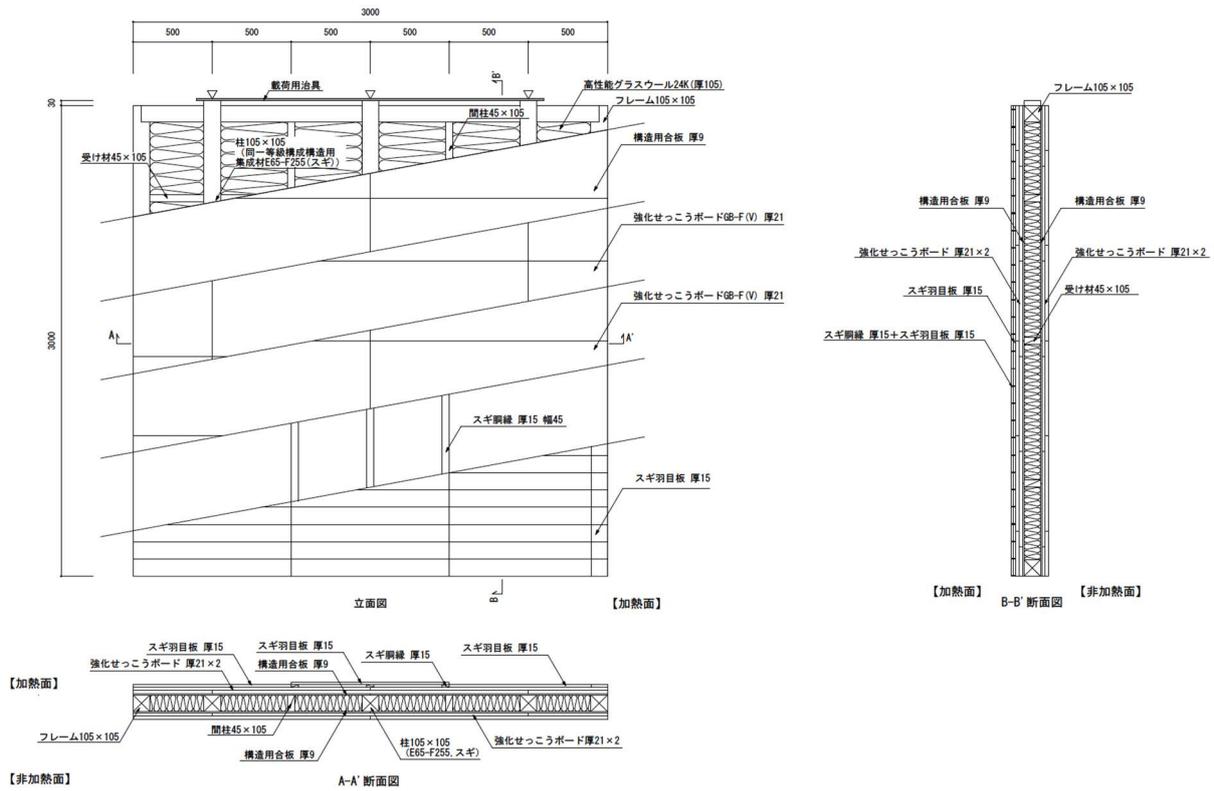


図 3.2-1 防火壁の試験体の一例(試験体 FW-17)

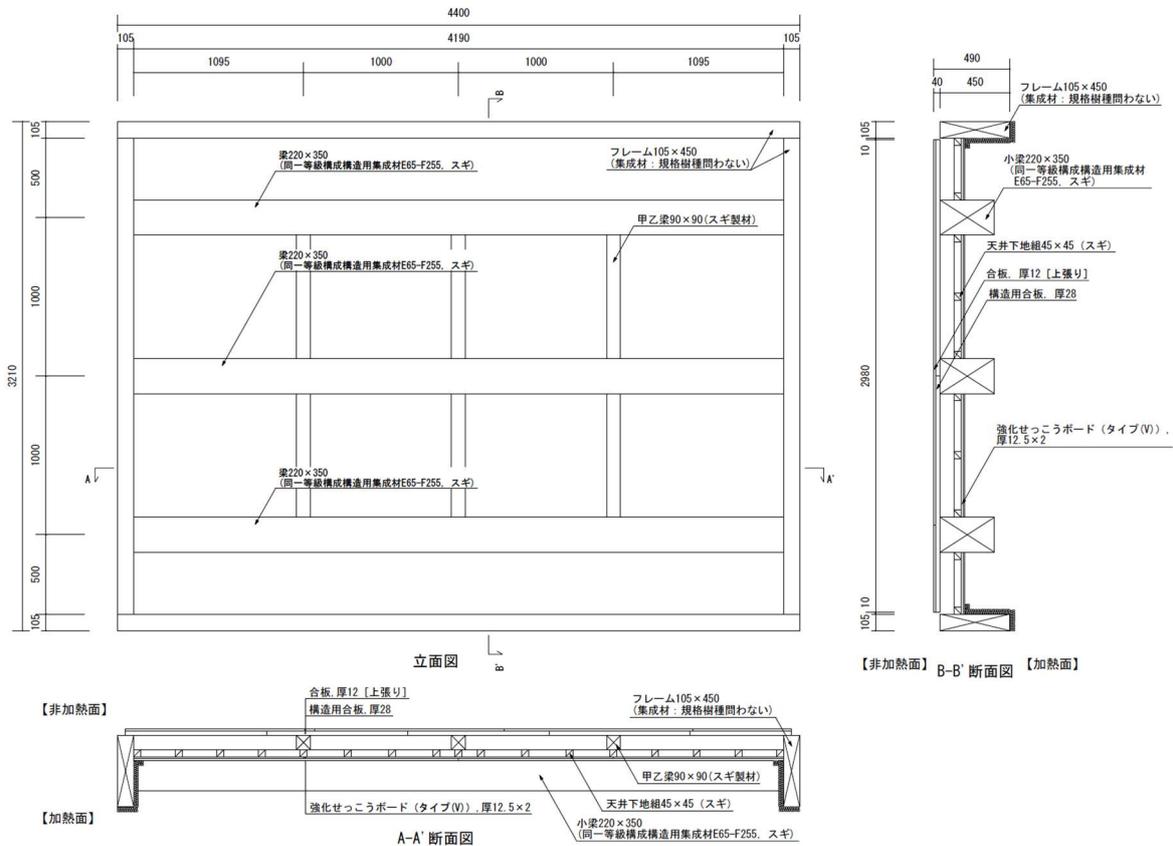
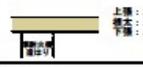
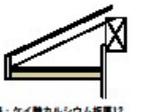
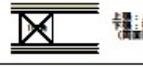
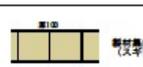
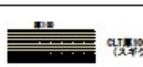
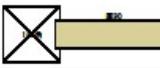


図 3.2-2 床の試験体の一例(試験体 F-21 及び F-22)

表 3.2-1 平成 22 年度実施の部材実験一覧

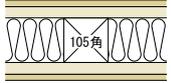
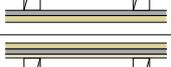
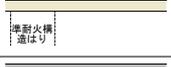
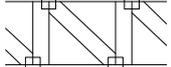
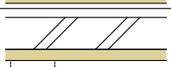
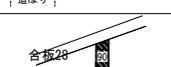
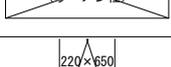
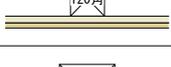
部 位	試験体No.	仕 様		荷 重	結 果			加熱時間
		仕様1	仕様2		非線形性	延焼性	進炎性	
床	F1 (下層加飾) メンブレン	 上層：構造用合板厚15 下層：構造用合板厚24 (ガラスウール100厚30付てん) 下層：強化セッコウボード厚12.5 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145)	 上層：構造用合板厚15 下層：構造用合板厚24 下層：強化セッコウボード厚12.5 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145)	梁に長期許容荷重 2.3kN/m ² (等分布)	74.75分 (仕様1)	74.75分以上 (仕様1)	—	74.75分
	F2 (下層加飾) マッコ	 上層：スチ鋼厚30(本がね加工、幅180) 下層：スチ鋼厚45(本がね加工、幅180)	 上層：スチ鋼厚30(本がね加工、幅180) 下層：スチ鋼厚45(本がね加工、幅180)	令55条換算荷重 2.3kN/m ² (等分布)	55.5分以上 (仕様1)	55.5分以上 (仕様1)	—	
	F3 (下層加飾) マッコ	 上層：ALC厚100 下層：構造用合板厚25 はり：スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 220×900(200スパン)600		令55条換算荷重 2.3kN/m ² (等分布、検討中)	75分以上	75分以上	—	75分
	F4 (下層加飾) マッコ	 集成材パネル(スチ厚120)	 上層：ALC厚5 下層：構造用合板厚25	令55条換算荷重 2.3kN/m ² (等分布)	62.5分以上 (仕様1)	60分 (仕様1)	—	90分
				60.5分 (仕様2)	69分 (仕様2)	—		
はり	B1 ※	 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145) 下層：強化セッコウボード厚12.5 はり：スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 180×300		梁に長期許容荷重 11.3kN/1本 (3等分2点)	87分	—	—	87分
軒裏	N1	 下層：ケイ酸カルシウム板厚12 上層：スチ鋼厚24(本がね加工、幅180)	 下層：繊維強化セメント板厚5 二枚張り 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145)	なし	—	69分 (仕様1)	—	70分
					—	60.25分 (仕様2)	—	
屋根	R1 (下層加飾) メンブレン	 上層：構造用合板厚12 下層：セッコウボード厚12.5 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145)	 上層：構造用合板厚12 下層：セッコウボード厚12.5 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145)	業務方法書+互重量 130kg/m ²	50分以上 (仕様1)	—	50分以上 (仕様1)	50分
	R2 (下層加飾) マッコ	 上層：構造用合板厚12 下層：ガラスウール100(100厚) 下層：構造用合板厚25	 上層：構造用合板厚12 下層：スチ鋼厚25(本がね加工、幅180)	業務方法書+互重量 130kg/m ²	33分以上 (仕様1)	—	33分 (仕様1)	
					33分以上 (仕様2)	—	33分以上 (仕様2)	
接合部	S1, S2 ※-15	カラマツ集成材 鋼板挿入・ドリフトピンタイプ (金具の本数等46、36)		なし	—	—	—	60分

※非線形性・進炎性・延焼性の試験時間は、表4.2.1の規定値を超過した時間を記載した。 ※：熟練者より確認。

部 位	試験体No.	仕 様		荷 重	結 果			加熱時間
		仕様1	仕様2		非線形性	延焼性	進炎性	
外壁 間仕切壁	W1 ※カ/メンブレン	 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145) 下層：強化セッコウボード厚12.5 (両面閉仕様)	 上層：スチ鋼厚12(本がね加工、幅145) 下層：強化セッコウボード厚15 (両面閉仕様)	柱に長期許容荷重 25kN/本	70分 (仕様1)	85分 (仕様1)	85分 (仕様1)	85分
	W2 ※カ/メンブレン	 上層：強化セッコウボード厚15 (両面閉仕様)	 上層：スチ鋼厚18(本がね加工、幅145) 下層：スチ鋼厚4 (両面閉仕様)	柱に長期許容荷重 25kN/本	70分以上 (仕様2)	85分以上 (仕様2)	85分以上 (仕様2)	
	W3 ※カ/マッコ	 DL7厚135 (スチ鋼ロスマリナパネル、ラミナ厚27)		片側45態えしる壁 長期許容荷重 150kN/m	76分	76分	73.5分	76分
	W4 ※カ/マッコ	 製材集成パネル (スチ105角柱換算、厚100)	 DL7厚180 (スチ鋼ロスマリナパネル、ラミナ厚11)	なし	—	66分以上 (仕様1)	66分以上 (仕様1)	66分
	W5 ※カ/マッコ	 製材等とし込み換算 (スチ厚10×30×100、本サ太厚10) 柱：スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 180×180		柱45態えしる壁 長期許容荷重 24.5kN/本	60分以上	27分*	29.5分	
	W6 ※カ/マッコ	 上層：中層上層15 下層：製材パネル厚26 (両面閉仕様) 柱：スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 180×180		柱45態えしる壁 長期許容荷重 24.5kN/本	—	—	—	60分以上
柱	C1 あらわし	 スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 220×220		柱45態えしる壁 長期許容荷重 55kN/本	80分	—	—	80分
	C2 あらわし	 スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 220×600		柱45態えしる壁 長期許容荷重 210kN/本	89.75分	—	—	89.75分
	C3 ※	 上層：スチ鋼厚15(本がね加工、幅145) 下層：強化セッコウボード厚12.5 (両面閉仕様) 柱：スチ鋼適用集成材(同一等級集成材) 220×220		柱に長期許容荷重 201kN/本	96.5分	—	—	96.5分

※本表記載の試験結果は、表4.2.1の規定値を超過した時間を記載した。 ※：熟練者より確認。

表 3.2-2 平成 23 年度実施の部材実験一覧

部 位	試験体No.	仕 様 (mm)	荷 重	結 果			防耐火時間 /加熱時間	実験 趣旨		
				非損傷性	遮熱性	遮炎性				
外壁 間仕切壁	W11		上張：スギ板15厚 下張：構造用合板28厚 グラスウール10K100厚充填 目地部：本下地有り	1階外壁 (内壁側)	柱の長期許容荷重 25kN/本	82分	82分 (熱映像)	82分 (目地部)	82分 /82.5分	①②③
	W11-S (1/100rad変形後)					56分 除荷	56分 以上	なし	56分以上 /56分*	
	W12		上張：強化せつこうボード12.5厚 下張：構造用合板28厚 目地部：本下地有り	2-3階 間仕切壁	柱の長期許容荷重 25kN/本	81分 除荷	82分 (熱映像)	83分 (目地部)	81分 /83分	①②③
	W12-S (1/100rad変形後)					64分	64分	なし	64分 /64分*	
	W13		上張：スギ板18厚 下張：構造用合板28厚 目地部：本下地有り	1階 間仕切壁	柱の長期許容荷重 25kN/本	56分 以上	56分 以上	なし	56分以上 /56分*	①②③
	W13-S (1/100rad変形後)					67.5分 除荷	67.5分 以上	なし	67.5分以上 /67.5分*	
	W14		上張：スギ板15厚 下張：強化せつこうボード12.5厚	【枠組壁工法】	枠材の長期許容荷重 1.2kN/本	53分 除荷	60分	なし	53分 /60分	①②③
W14-S (1/100rad変形後)					54分 除荷	60分	なし	54分 /60分		
W15		上張：スギ板15厚 中張：強化せつこうボード12.5厚 下張：構造用合板9厚	1階 間仕切壁 外壁(内壁)	枠材の長期許容荷重 1.2kN/本	71分	71分 以上	なし	71分 /71分	①③	
床	F11		上張：スギ板30厚 根太：45×18@333 中張：強化せつこうボード12.5厚 下張：構造用合板28厚 目地部：本下地無し 床板支持間隔：2000mm	2-3階 床(軸組)	令85条積載荷重 2.9kN/m ² (等分布)	64分 除荷	70.25分	-	64分 /70.25分	①③
	F12		【天井被覆材】 下張：スギ板(本案)15厚 上張：強化せつこうボード12.5厚 【床材】 上張：せつこうボード12.5厚 下張：構造用合板24厚	2-3階 床(枠組)	令85条積載荷重 2.9kN/m ² (等分布)	70分 除荷	70分	-	70分 /70分	①③
	F13		上張：ALC厚75 下張：構造用合板厚28 床板支持間隔：1000mm	3階床 (軸組/遮音)	令85条積載荷重 2.9kN/m ² (等分布)	120分 除荷	112分 (熱映像)	-	112分 /120分	①③
軒裏	N11		桁：220角 面戸板：90厚 垂木：150×250 野地板：構造用合板28厚	軒裏 (軸組)	なし	-	80分 (熱映像)	88分	80分 /90分	①③
柱 両面加熱壁	C11		カラマツ集成材(同一等級構成) 220×650	1階 ラーメン柱	燃えしる45除いた 柱の短期許容荷重 282kN/本	93分	-	-	93分 /95分	①②
	C12		カラマツ集成材(同一等級構成) 220×650 【壁の構成】 上張：強化せつこうボード厚15 下張：構造用合板厚12(両面同仕様)	1階 ラーメン柱	燃えしる45除いた 柱の短期許容荷重 282kN/本	102分	-	-	102分 /102分	①②
	C13		【壁の構成】 上張：スギ板15厚 中張：強化せつこうボード12.5厚 下張：構造用合板9厚	1階 枠組壁	枠材の長期許容荷重 8.6kN/本	73分	-	-	73分 /73分	①②
	C14		スギ構造用集成材(E65-F255)120×120 【壁の構成】 上張：スギ板18厚 下張：構造用合板28厚	柱の長期許容荷重 21kN/本	70分	-	-	70分 /71分	①②	
	C15		スギ構造用集成材(同一等級構成) 220×220 【壁の構成】 上張：強化せつこうボード厚15 下張：構造用合板厚12(両面同仕様)	燃えしる45除いた 柱の短期許容荷重 55kN/本	84.5分	-	-	84.5分 /86分	①②	
	C16		スギ構造用集成材(同一等級構成) 220×220 【壁の構成】 上張：強化せつこうボード厚15 下張：構造用合板厚12(両面同仕様)	燃えしる45除いた 柱の短期許容荷重 55kN/本	97.5分	-	-	97.5分 /99分	①②	
接合部	S11		カラマツ集成材 銅板挿入+ドリフトボリタイプ (金属の木被覆0.30)	なし	-	-	-	加熱時間 60分	①	
	S12		カラマツ集成材 銅板挿入+ドリフトボリタイプ (金属の木被覆0)	建物実態荷重 53.3kN/本	60.5分 除荷	-	-	加熱時間 61分	①	
部材内部 温度測定用	K1 K2		W13、W14、W1仕様1、C2の幅1m×高さ1m試験体	なし	-	-	-	加熱時間 60分	①	

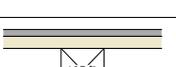
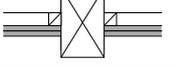
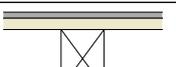
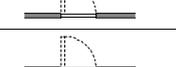
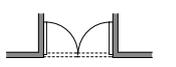
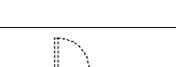
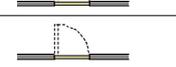
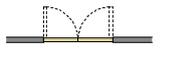
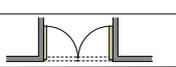
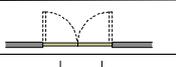
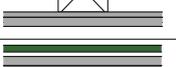
①本造三階建て学校火災実験で使用する部材の正確な準耐火性能の把握
②加熱条件または水平加力の違いが部材の準耐火性能に与える影響の把握
③1時間準耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握

※仕様欄の□は試験体建物に使用した仕様を示す。

*：耐火炉又は試験体周囲被覆の不具合により加熱終了

既存告示に記載ない仕様で、
今回1時間準耐火構造の要求性能を達成した仕様

表 3.2-3 平成 24 年度実施の部材実験一覧

部 位	試験体No.	仕 様 (mm)	荷重 加熱条件	結果			防耐火時間 /加熱時間	実験 趣旨	
				非損傷性	遮熱性	遮炎性			
間仕切壁	W-21 (小型試験体)		上張：せっこうボード12.5厚 (接着剤+ステーブル) 下張：せっこうボード12.5厚 (釘留め) 目地部：木下地有り/パテ処理	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	60分以上	60分以上	60分以上 /60分	①②	
	W-22 (小型試験体)		同上	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	-	60分以上	60分以上 /60分	②	
	W-23 (小型試験体)		上張：強化せっこうボード12.5厚 (釘留め) 下張：構造用合板28厚 (釘留め)	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	-	60分以上	60分以上 /60分	①②	
	W-24 (小型試験体)		同上	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	-	60分以上	60分以上 /60分	②	
	W-25		上張：せっこうボード12.5厚 (接着剤+ステーブル) 下張：せっこうボード12.5厚 (釘留め) 目地部：木下地有り/パテ処理	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	60分以上	60分以上	60分以上 /60分	①②	
	W-26		同上	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	予熱82分+ 56分	予熱82分+ 56分	予熱82分+ 56分 /予熱82分+56分	②	
床	F-21		[床上側] 上張：合板12厚 (釘留め) 下張：構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 上張：強化せっこうボード12.5厚 (ビス留め) 下張：強化せっこうボード12.5厚 (釘留め)	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	61分以上	61分以上	61分以上 /61分	①②	
	F-22		同上	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	61分以上	61分以上	61分以上 /61分	②	
屋根	R-21		[野地板側] 上張：強化せっこうボード12.5厚 (釘留め) 下張：構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 被覆材：強化せっこうボード12.5厚 (釘留め)	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	35分 除荷	-	63分	35分 /65分	①②
	R-22		同上	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	45分	-	45分	45分 /45分	②
防火戸	SD-1		鋼製(常閉)片開戸 (軸組取付仕様1)	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	-	-	66分 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	66分 /80分	①
	SD-2		鋼製(常閉)片開戸 (軸組取付仕様2)		-	-	76分 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	76分 /80分	①
	SD-3		鋼製(常閉)両開戸 (軸組取付仕様2)A面		-	-	68分 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	68分 /80分	①
	SD-4		鋼製(常閉)両開戸 (軸組取付仕様2)B面		-	-	63分 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	63分 /64分	①
	SD-5		鋼製(随開)両開戸 (軸組取付仕様2)A面		-	-	80分以上 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	80分以上 /80分	①
	SD-6		鋼製(随開)両開戸 (軸組取付仕様2)B面		-	-	60.5分 (木製接着剤、 扉断え接付無し)	60.5分 /80分	①
	WD-1		木製(常閉)片開戸 (軸組取付仕様1)	2.9kN/m ² (令85条積載荷重) IS0834	-	-	64分 (扉断え接付)	64分 /65分	①
	WD-2		木製(常閉)片開戸 (軸組取付仕様2)		-	-	56分 (扉断え接付)	56分 /57分	①
	WD-3		木製(常閉)片開戸 (WD-1改良扉、軸組取付仕様1)A面		-	-	80分以上 (扉断え接付)	80分以上 /80分	①
	WD-4		木製(常閉)片開戸 (WD-1改良扉、軸組取付仕様1)B面		-	-	80分以上 (扉断え接付)	80分以上 /80分	①
	WD-5		木製(常閉)両開戸 (軸組取付仕様1)A面		-	-	63分 (扉断え接付)	63分 /63分	①
	WD-6		木製(常閉)両開戸 (軸組取付仕様1)B面		-	-	69分 (扉断え接付) 51分木製扉断え	69分 /69分	①
	WD-7		木製(随開)両開戸 (軸組取付仕様1)A面		-	-	46分 (扉断え接付)	46分 /46分	①
	WD-8		木製(常閉)両開戸 (WD6改良扉、軸組取付仕様1)B面		-	-	19分 (扉断え接付)	19分 /63分	①
柱一はり 接合部	J-21 (1)		カラマツ(E105-F300)集成材柱一はり (鋼板挿入+ドリフトピンタイプ)	実設計荷重 IS0834	-	-	-	68.5分 /68.5分	①②
	J-21 (2)		同上	実設計荷重 IS0834	-	-	-	予熱82分+56分 /予熱82分+56分	②
	J-22 (1)		スギ集成材(E65-F255)柱一はり (鋼板挿入+ドリフトピンタイプ)	実設計荷重 IS0834	-	-	-	60分 /60分	①②
	J-22 (2)		同上	実設計荷重 IS0834	-	-	-	予熱82分+39分 /予熱82分+39分	②
防火壁	FW-1 (間仕切壁)		上張：強化せっこうボード21厚(接着剤+ステーブル) 下張：強化せっこうボード15厚(釘留め)	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	110分 除荷	120分以上	120分以上	110分以上 /120分	①③
	FW-2 (外壁)		上張：窯業系サイディング16厚(専用金具留) 中張：強化せっこうボード21厚(ビス留め) 下張：強化せっこうボード21厚(釘留め)	25kN/本 (柱の長期許容荷重) IS0834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分+180分放置	③

※実験趣旨欄の丸数字は次の内容を示す。 ①木造三階建て学校火災実験で使用する部材の正確な準耐火性能の把握
②加熱条件の違いが部材の準耐火性能に与える影響の把握
③1時間耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握

 1時間耐火構造の要求性能を達成した仕様

表 3.2-4 平成 25 年度実施の部材実験一覧(その 1)

部 位	試験体No.	仕 様 (mm)	荷 重 加熱条件	結 果			耐火時間 /加熱時間	実験 趣旨	
				非損傷性	遮熱性	遮炎性			
防火壁	FW-11 耐火間仕切壁①		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボード21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボード21厚（釘留め） ※①ではタイプⅡ、②ではタイプⅢを使用 〈左上〉下地、断熱材なし 〈右上〉 下地：構造用合板9厚（釘留め） グラスウール10K100厚充填 〈右下〉 下地：構造用合板9厚（釘留め） グラスウール24K100厚充填 〈左下〉 下地：構造用合板28厚（釘留め） グラスウール24K100厚充填	載荷なし ISO834	柱/合板の一部に炭化痕あり	60分以上 /60分・240分放置	③		
	FW-12 耐火間仕切壁②		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：金属板（ガルバリウム鋼板）0.35厚 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	載荷なし ISO834	-	60分以上 /60分・300分放置	③		
	FW-13		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：軽量セメントモルタル15厚 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-14		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：0.8ケイ酸カルシウム板8厚と12厚 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-15		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-15厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：0.8ケイ酸カルシウム板8厚と12厚 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-16		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：ALC35厚（ビス留め） 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	柱/合板の一部に炭化痕あり	60分以上 /60分・250分放置	③		
	FW-17		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：木材15厚 面材：構造用合板9厚 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-18		〔屋外側防火被覆〕 上張：防水防カビ強化石膏ボード21厚（ビス留め） 下張：防水防カビ強化石膏ボード21厚（釘留め） 〔屋内側は強化せっこうボードV-21厚2枚張り〕 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-19		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 屋外側仕上：ALC35厚 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
	FW-20		〔防火被覆〕 上張：強化せっこうボードV-21厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-21厚（釘留め） 下地面材：構造用合板9厚（釘留め） 断熱材：グラスウール24K、100厚	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /60分・240分放置	③
壁	W-31 (W-13再)		〔防火被覆〕 上張：スギ板18厚 下張：構造用合板28厚 目地部：木下地有り	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	78分以上	78分以上	78分以上	78分以上 /78分	④
	W-32		〔枠組壁工法〕 上張：スギ板15厚 下張：強化せっこうボード12.5厚	kN/本 （枠組の長期許容荷重） ISO834	65分以上	65分以上	65分以上	65分以上 /65分	④
	W-33		スギ集成材柱150×500 ・片面加熱(W33-1) スギ集成材柱150×500 ・両面加熱(W33-2)	182.7kN/本 （片面から45燃えしる除き 短期許容荷重） ISO834 33.9kN/本 （両面から45燃えしる除き 短期許容荷重） ISO834	46分	-	-	46分 /46分 75.75分 /75.75分	②④
	W-34		土塗り壁（総厚80） 上塗：中塗土厚15 下地：荒壁ハネル厚26 （両面同仕様） 柱：同一等級構成構造用集成材（スギE65-F255）	24.5kN/本 （柱45燃えしる除き 短期許容荷重） ISO834	60分以上	60分以上	60分以上	60分以上 /104分	④
	W-35		〔防火被覆〕 上張：0.8ケイ酸カルシウム板8厚（ビス留め） 下張：強化せっこうボードV-12.5厚（釘留め）	25kN/本 （柱の長期許容荷重） ISO834	93分以上	93分以上	93分以上	93分以上 /93分	④

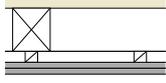
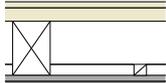
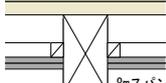
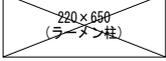
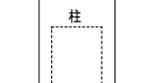
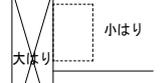
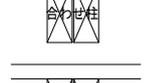
※実験趣旨欄の丸数字は次の内容を示す。

- ①木造三階建て学校火災実験で使用する部材の正確な準耐火性能の把握
- ②加熱条件の違いが部材の準耐火性能に与える影響の把握
- ③1時間耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握
- ④1時間準耐火構造の告示化に向けた準耐火性能の把握
- ⑤技術指針作成のための防耐火性能の把握

1時間耐火構造の要求性能を達成した仕様

既存告示に記載ない仕様で、今回1時間準耐火構造の要求性能を達成した仕様

表 3.2-5 平成 25 年度実施の部材実験一覧(その 2)

部 位	試験体No.	仕 様 (mm)	荷重 加熱条件	結 果			防耐火時間 /加熱時間	実験 趣旨
				非損傷性	遮熱性	遮炎性		
床	KF-1 (小型試験体)	 [床側] 上張: 合板12厚 (釘留め) 下張: 構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 上張: 強化せつこうボード12.5厚 (ビス留め) 下張: 強化せつこうボード12.5厚 (釘留め)	載荷なし 火災実験実測 (予熱)	-	予熱82分+ 61分	予熱82分+ 61分	予熱82分+61分 /予熱82分+61分	②
	KF-2 (小型試験体)	 [床側] 上張: 合板12厚 (釘留め) 下張: 構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 上張: 強化せつこうボード12.5厚 (ビス留め) 下張: 強化せつこうボード12.5厚 (釘留め)	2.9kN/m ² (各55条種載荷重) ISO834・両面加熱 載荷なし ISO834・両面加熱	51分 (おもり落下)	-	-	- /60分	②
	F-31	 [床側] 上張: 合板12厚 (釘留め) 下張: 構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 上張: 強化せつこうボード12.5厚 (ビス留め) 下張: 強化せつこうボード12.5厚 (釘留め) 8mスパン床	34.3kN・m/本 (はり45燃えしる除き 短時間荷重) ISO834	80.6分	90分	90分	80.6分 /90分	①
屋根	KR-1 (小型試験体)	 [野地板側] 上張: 強化せつこうボード12.5厚 (釘留め) 下張: 構造用合板28厚 (釘留め) [天井側] 被覆材: 強化せつこうボード12.5厚 (釘留め)	載荷なし 火災実験実測 (予熱)	-	予熱82分+ 48分	予熱82分+ 48分	予熱82分+48分 /予熱82分+48分	②
柱	C-21	 スギ集成材柱 120×120 ・木材45厚被覆 ・合板28厚+木材18被覆 ・木材30厚+木材15厚被覆 ・木材30厚被覆 ・木材30厚+木材30厚被覆 ・強化せつこうボード12.5厚+木材15厚	載荷なし ISO834	-	-	-	60分 /60分	④
	C-22	 220×650 (ラーメン柱)	実設計荷重 133kN/本	117.5分 (腐蝕)	-	-	117.5分 /117.5分	①
	C-23	 220×650 (ラーメン柱)	カラマツ集成材 (同一等級構成) 220×650 上ピン 下固定	94.75分 (柱頭の破壊)	-	-	94.75分 /96.5分	①
接合部	J-31	 柱 柱脚部 カラマツ集成材	載荷なし ISO834	-	-	-	60分 /60分	⑤
	J-32	柱脚部 スギ集成材						
	J-33 (J-33-1)	 大はり 小はり 大はり-小はり接合部 カラマツ集成材	載荷なし ISO834	-	-	-	60分 /60分	⑤
	J-34 (J-33-2)	大はり-小はり接合部 スギ集成材						
	J-35 (J-34-1)	 合わせ柱 合わせ柱 (隙間1mm、3mm、5mm) カラマツ集成材	載荷なし ISO834	-	-	-	60分 /60分	⑤
	J-36 (J-34-2)	合わせはり (隙間1mm、3mm、5mm) カラマツ集成材						

※実験趣旨欄の丸数字は次の内容を示す。 ①木造三階建て学校火災実験で使用する部材の正確な耐火性能の把握
②加熱条件の違いが部材の耐火性能に与える影響の把握
③1時間耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握
④1時間耐火構造の告示化に向けた耐火性能の把握
⑤技術指針作成のための耐火性能の把握

3. 3 教室実験

教室実験は、図3.3-1に示す間口約7.3m×奥行約8.0m×高さ約2.8mの実験装置を建築研究所の実大火災実験棟内に設置し、室の開口部上部に設けた集煙フードを使って、酸素消費費法により火源及び内装の発熱性状を把握した。火源は、最初の10分間100kW、次の10分間300kWの成長火源と、最初から20分間300kWの定常火源を想定した。内装条件は、壁・天井を系統的に木質化または不燃化するとともに、実大火災実験の試験体建物を想定して、燃えしろ設計した柱、大梁、小梁の組み合わせを変えて設置した。実験条件および結果の概要を表3.3-1に示す通りであり、実大火災実験における内装仕様の教室規模の発熱性状の把握や内装の部分あるいは一部に防火材料を使用した際の発熱性状の違いを把握した。

全9回の教室実験のうち、3回の実大火災実験の内装条件と同じ実験は、予備実験（平成23年度）が実験No.2、準備実験（平成24年度）が実験No.5及びNo.6、本実験（平成25年度）が実験No.9である。実験No.2では、300kWの火源を用いて、約5分30秒で部屋全体の火災に進展した。また、実験No.5及びNo.6では、内装と躯体の木現しの条件が同じでも、火源が最初から300kWと大きい実験No.6では、約18分30秒で部屋全体の火災に進展した。実験No.9では成長火源（100kW→300kW）に対して、20分間は、火災が局所に留まった。

なお、表3.3-1の実験以外に、ISOルームコーナー試験に準じて、間口2.4m×奥行3.6m×高さ2.4mの実験装置を用いて、表3.3-1の実験No.1とNo.2と同じ内装及び火源条件で実験を実施した。

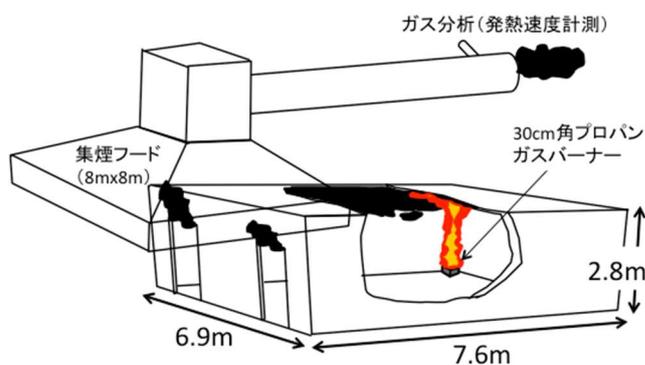


図 3.3-1 教室実験装置概念図

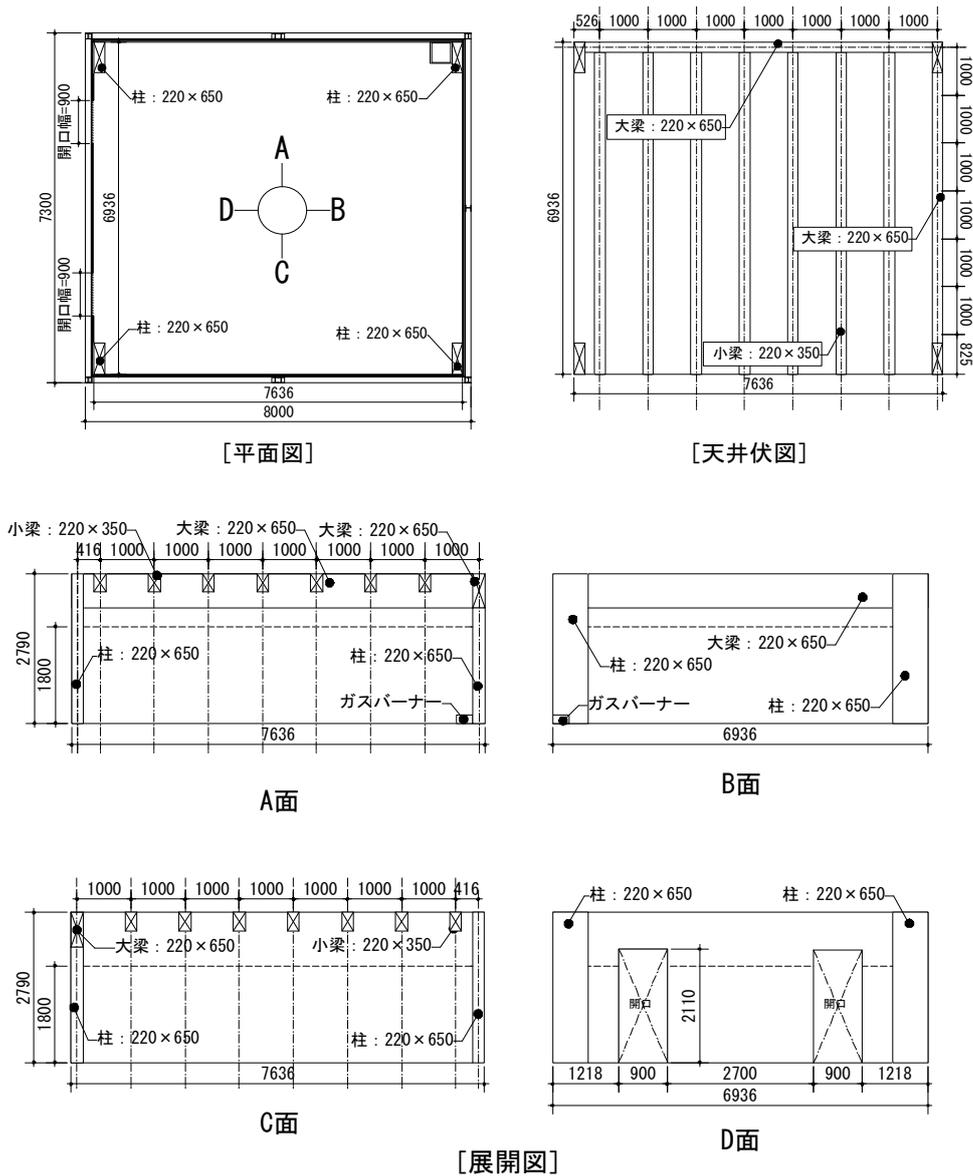


図 3.3-2 教室実験装置概要 (実験 No.5 及び 6 の場合)

表 3.3-1 教室実験結果一覧

実験名	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
居室規模	7.3m(間口) × 8m(奥行) × 2.8m(高さ)									
開口条件	0.9m × 2.1m × 2ヶ所(同一壁面)									
使用材料 (仕上げ)	天井	不燃材料	木材(スギ)	不燃材料	不燃材料	不燃材料	不燃材料	不燃材料	不燃材料	準不燃材料
	壁	木材(スギ)	木材(スギ)	不燃材料	不燃材料	不燃材料	不燃材料	合板 (全面)	合板 (床面から 1800mmまで)	合板
柱、小梁、大梁の有無	無し	無し	無し	無し	有り	有り	有り	有り	有り	柱、大梁 有り
火源設定	300kW	300kW	100kW→ 300kW	300kW	100kW→ 300kW	300kW	100kW→ 300kW	100kW→ 300kW	100kW→ 300kW	100kW→ 300kW
フラッシュオーバーの有無 (有りはフラッシュオーバー までの時間)	無し	有り (5分25秒)	無し	無し	無し	有り (18分30 秒)	有り (11分50 秒)	有り (13分7秒)	無し	
発熱速度から推定される 火災成長率	不燃材料 相当	難燃材料 相当	不燃材料 相当	不燃材料 相当	準不燃材 料相当	不燃材料 相当	準不燃材 料相当	準不燃材 料相当	不燃材料 相当	

3. 4 屋外区画実験

屋外区画実験は、表3. 4-1に示すとおり合計12回実施した。

実験は、図3. 4-1に示す出火室の内寸が間口約8. 0m×奥行約8. 0m×天井高さ2. 7～3. 8mの実験装置を建築研究所の屋外火災実験場に2棟設置し、上階への延焼を評価するための2階部分を設けた（仕様1～4は2階の壁面のみを再現し、仕様5以降は2階の壁面だけでなく室も再現した）。火源、内装条件、開口部条件、庇の出寸法等をパラメータとして実験を計画し、

- ①点火からフラッシュオーバーまでの時間
- ②フラッシュオーバーから2階へ延焼するまでの時間

を、目視、ビデオ、温度等で確認した。

表3. 4-1の結果から、天井を不燃化すること、天井高を確保することにより、上記①の時間が長くなった。逆に天井を木質化した場合、天井高さが3. 8m（仕様7）から2. 7m（仕様11：出火源が天井に届く高さ）に低くなると、①の時間が急に短くなった。

また、庇の出寸法が0. 8m以上となると、下階開口部からの噴出火炎による上階への延焼が抑制できた（実験は風速が4m/s以下の場合に実施）。

一連の実験結果をもとに、実大火災実験の本実験（平成25年度）は、仕様8と同様の仕様（壁・床：木材、天井：準不燃材料、庇・バルコニーなし）とした。

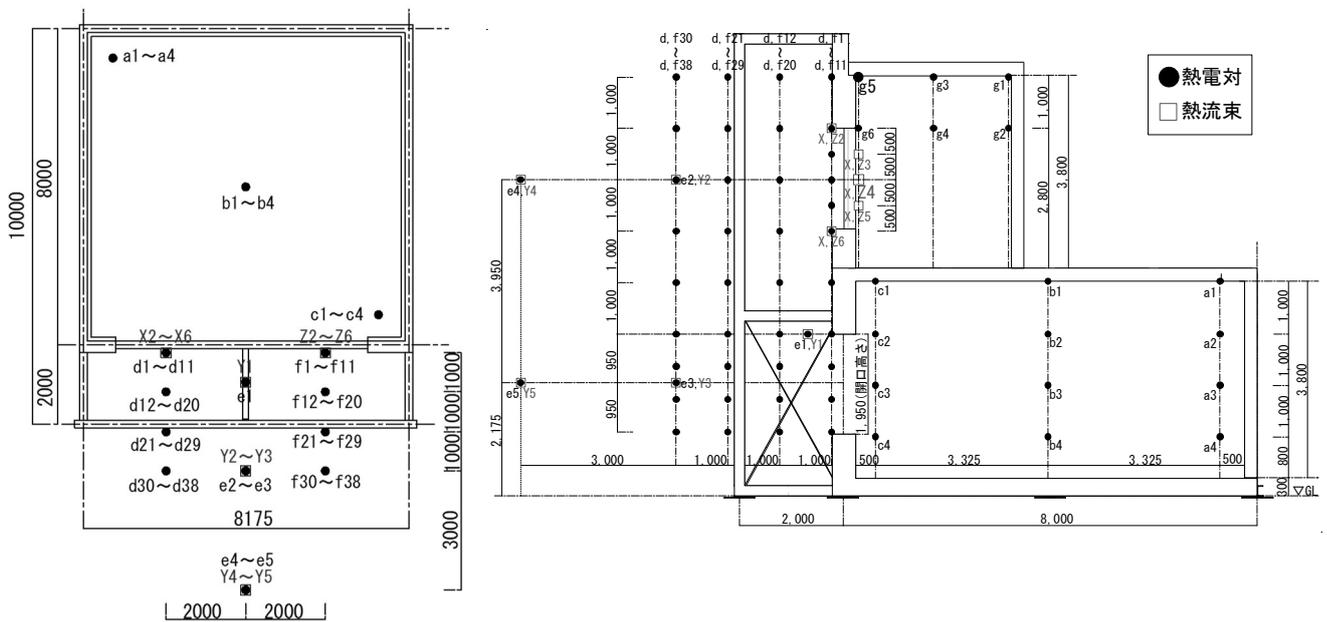


図 3.4-1 屋外区画試験装置概要

表 3.4-1 屋外区画実験結果一覧

	火源・可燃物条件		試験装置条件					実験結果		実験日
	可燃物密度	火源	天井高さ	構造躯体あらわし	内装仕上げ	庇	1階開口部措置	着火～F.O.	F.O.～2階延焼	
実験1	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源1	3.8m	柱・梁あらわし	天井:不燃 壁:不燃 床:木材	長さ1.5m 高さ:0.8m	垂れ壁(約70cm)設置 開口部ガラスなし	6分27秒		平成25年 3月28日
実験2	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源1	3.8m	柱・梁なし	天井:不燃 壁:不燃 床:木材	なし	垂れ壁(約70cm)設置 開口部ガラスなし	6分45秒		3月29日
実験3	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源1	3.8m	柱・梁(大梁のみ) あらわし	天井:不燃 壁:木材(1.6mま で) 床:木材	長さ1.5m 高さ:0.8m	垂れ壁(約70cm)設置 開口部ガラスなし	5分30秒		4月30日
実験4	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源1	3.8m	柱・梁(大梁のみ) あらわし	天井:不燃 壁:不燃 床:木材	長さ0.9m 高さ:0.8m	垂れ壁(約70cm)設置 開口部ガラスなし	6分24秒		4月30日
実験5	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源2	3.8m	柱・梁なし	天井:不燃 壁:木材 床:木材	なし	垂れ壁(約70cm)設置 開口部ガラスなし	10分10秒	3分10秒	5月27日
実験6	400MJ/m ² (教室) 木材クリブ +木机・椅子	火源3	3.8m	柱・梁なし	天井:不燃 壁:木材 床:木材	なし	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	46分46秒	4分34秒	6月11日
実験7	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	3.8m	柱・梁なし	天井:木材 壁:木材 床:木材	長さ1.5m 高さ:0.8m	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	70分21秒	上階延焼せず	6月26日
実験8	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	3.8m	柱・梁なし	天井:準不燃 壁:木材 床:木材	なし	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	92分12秒	1分48秒	6月26日
実験9	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	3.0m	柱・梁なし	天井:木材 壁:木材 床:木材	長さ0.9m 高さ:0m	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	33分21秒	上階延焼せず	9月11日
実験10	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	3.0m	柱・梁なし	天井:準不燃 壁:木材 床:木材	長さ0.5m 高さ:0m	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	44分28秒	5分18秒(16秒間) 9分32秒(58秒間)	9月11日
実験11	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	2.7m	柱・梁なし	天井:木材 壁:木材 床:木材	長さ0.7m 高さ:0m	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	5分09秒	4分41秒	平成26年 1月29日
実験12	700MJ/m ² (職員室) 木材クリブ	火源3	2.7m	柱・梁なし	天井:準不燃 壁:木材 床:木材	長さ0.8m 高さ:0m	引き違い窓ガラス(開状態) 垂れ壁設置せず	55分08秒	上階延焼せず	2月19日

- *火源1:一般型クリブ1段に着火(隣接クリブに導火線を使用して延焼させる)
- *火源2:アルコールパン(メタノール8L)に着火(書籍型クリブ+一般クリブ半割に延焼させる)
- *火源3:アルコールパン(メタノール4L)に着火(書籍型クリブ+一般クリブ半割に延焼させる)
- *庇高さは開口上端からの距離とする
- *2階室内の延焼時間は、内装の木材への着火を目視で確認した時間とする
- *仕様10の2階着火はどちらもF.O.からの時間とし、()内の間のみ着火していたとする

3. 5 噴出火炎実験

噴出火炎実験は、合計7回実施した。

実験は、図3.5-1に示す、幅2.65m×奥行2.65m×高さ2.65mの実験装置を建築研究所実大火災実験棟内に設置し、実験装置内、実験装置外に設けた熱電対、熱流計により、噴出火炎（熱気流）による雰囲気温度、放射熱を詳細に測定した。

実験の結果、従来の縮小模型等を用いた研究で噴出火炎が発生する限界値として報告されている燃焼型支配因子 χ よりも大きい条件で噴出火炎が観測された。また、同じ可燃物表面積であっても天井の仕上げが可燃材料である場合のほうが噴出火炎は大きくなる傾向が確認された。

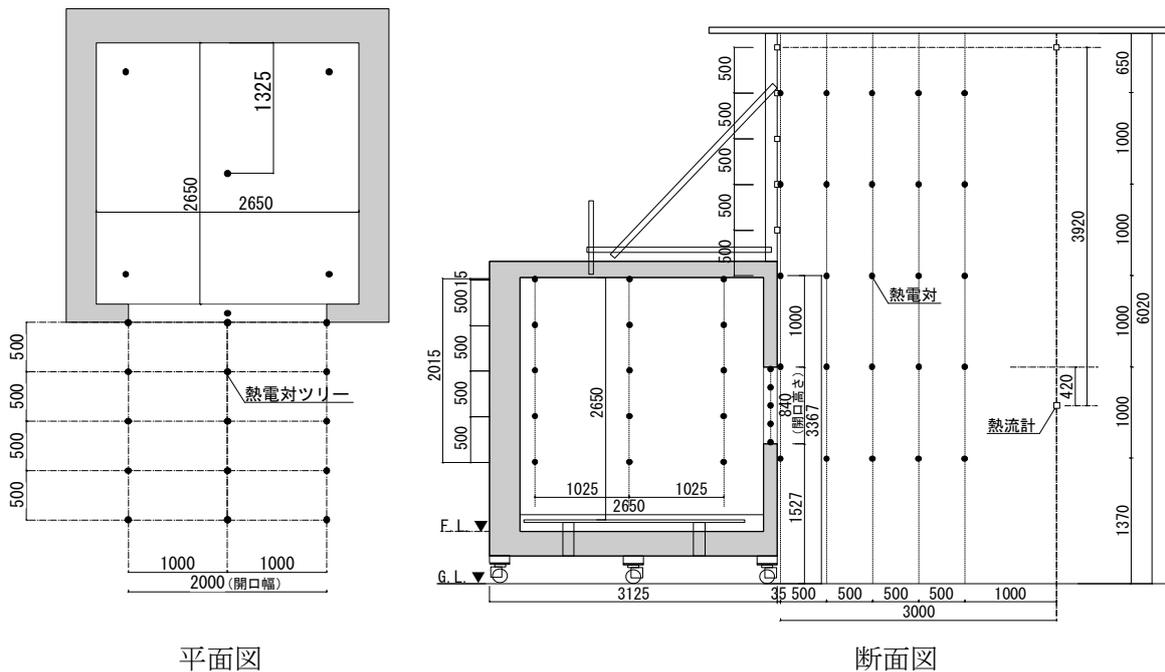


図 3.5-1 噴出火炎実験装置概要

表 3.5-1 噴出火炎実験条件一覧

case	再現する 室用途	可燃物表面積算出の 対象とするもの	調査 ¹⁾ に基き算出した 可燃物表面積 $A_{fuel}(m^2)$	実験条件					
				可燃物表面積 $A_{fuel}(m^2)$	可燃物重量 (kg)	開口幅 B(m)	開口高さ H(m)	開口因子 $A\sqrt{H}(m^{5/2})$	燃焼型支配因子 $\chi=A\sqrt{H}/A_{fuel}(m^{1/2})$
TR-1	職員室	収納可燃物	19.9	18.8	104.5	2.00	0.84	1.55	0.082
TR-2		収納可燃物+床	26.9	26.3	148.1				0.059
TR-3		収納可燃物+床+天井	33.9	33.8	185.4				0.046
TR-4*		収納可燃物 (天井に構造用合板)	22.1	124.6	0.070				
CR-1	普通教室	収納可燃物	18.9	18.0	100.7	0.94	1.82	0.101	
CR-2		収納可燃物+床	25.9	140.3	0.073				
CR-3		収納可燃物+床+天井	32.9	177.8	0.057				

*TR-1~3、CR-1~3は可燃物表面積算出の対象とするものを全て木材ク립に置き換えたが、TR-4のみ天井には実際に構造用合板 $3.28m^2$ を張り、収納可燃物は木材ク립に置き換えた。

3. 6 避難安全検証

木3学について、告示に定める避難安全検証法を用いて避難安全性を検証し、下記の内容の検討を行った。

- ・木3学の標準的モデルプランの作成および避難安全検証
- ・実験建物における煙流動実験及び避難安全検証

標準的モデルプランの作成では、「学校の運営方式」にもとづき、そのバリエーションを網羅するように、学校の平面図を収集した。これらの図面から、空間構成上運営方式による、廊下・オープンスペース・教室・階段等の避難経路の關係に大きな違いがないものと判断して、特別教室型でオープンスペースをもつ3階建て校舎をモデルプランのベースとし、図 3.6-1 に示す建物 2階の「吹抜けの有無」、図 3.6-1 に示す建物両端部の「階段室の前室（オープンスペースと階段室の間の部屋）の有無」によるバリエーションによる次の4つのモデルプランを作成した。

表 3.6-1 モデルプランにおける吹抜けと階段室の前室の有無

モデルプラン	A	B	C	D
吹抜け	あり	なし	あり	なし
階段室の前室	なし	なし	あり	あり

各モデルプランにおける避難安全検証では、平成12年建設省告示第1441号及び第1442号による避難完了時間の計算、非定常二層ゾーン煙流動プログラム「BRI2002T」²⁾による煙層下端高さの計算により、在館者の安全性を検討した。この際、想定火源としては、教室実験で観測された出火室の発熱速度の時間履歴を元にすることとした。また、在館者の歩行速度については、一般的に用いられる78m/minのほか、児童を想定してその1/2の39m/minについても検討した。

検証した結果を表 3.6-2 に示す。階段室に前室がないモデルプラン A と B では吹抜けの有無にかかわらず、NG（避難完了する前に煙層が降下）の判定が出る出火室があるが、階段室に前室を設けることで（モデルプラン C と D）、吹抜けの有無にかかわらず、歩行速度を 1/2 とした場合でも OK（避難完了まで煙層の降下なし）となることが確かめられた。

表 3.6-2 モデルプランにおける階避難安全検証

モデルプラン	階	出火室	避難完了時間【sec】		床上1.8m 煙降下時間【sec】	判定	
			歩行速度 78m/min.	歩行速度 39m/min.		歩行速度 78m/min.	歩行速度 39m/min.
A	1F	職員室	405.5	451.2	-	OK	OK
	2F	普通教室 2	339.3	367.9	208.5	NG	NG
		職員室			570.0	OK	OK
3F	普通教室 6	340.5	369.1	193.5	NG	NG	
B	1F	職員室	406.2	451.9	-	OK	OK
	2F	普通教室 2	340.5	369.1	193.0	NG	NG
	3F	普通教室 6	340.5	369.1	193.5	NG	NG
C	1F	職員室	405.5	451.2	-	OK	OK
	2F	普通教室 2	339.3	367.9	687.5	OK	OK
		職員室			-	OK	OK
3F	普通教室 6	340.5	369.1	706.5	OK	OK	
D	1F	職員室	406.2	451.9	-	OK	OK
	2F	普通教室 2	340.5	369.1	704.0	OK	OK
	3F	普通教室 6	340.5	369.1	706.5	OK	OK

— : 1000秒以上



図 3.6-1 避難計算に用いたモデルプラン (モデルプラン A の場合)

また、木3学実大火災実験（本実験）での実験建物において、実際の煙の流れを把握し、煙降下時間の予測手法の妥当性を検討するために、写真 3.6-1 に示すとおり、本実験に先立ち煙流動実験も実施した。煙流動実験では、比較的小さな火源ではあるが、実験結果と BRI2002T による計算結果が概ね一致を示すことが確かめられた。



写真 3.6-1 煙流動実験

3. 7 木造学校の建築計画・可燃物量等の実態調査

1990年代以降の木造学校について、計画内容を調査した。オープンスクール化等、耐火建築物の学校建築と共通する傾向に加え、木質内装、木質外装が多用される傾向があることが明らかになった。

可燃物量調査は、秋田県、福島県の小中高校の計6校について調査し、一部火災継続時間が1時間を超える可能性のある室があったが、一般教室等、多くの室については1時間以内であった。

また、学校建築の火災事例分析の結果、火災シナリオを想定するために必要な出火原因、火災規模、被害内容等、学校建築の防災計画上必要な軸を把握した。

3. 8 火災実験に係る木3学の代表的仕様および実験計画等の検討

木3学の主要構造部に必要な防耐火性能及び建物の避難安全性能を実証し、基準整備を行うためには、実大の試験体建築物を使用する大規模火災実験、教室・共用スペースの組み合わせより成る教室ユニットを用いた火災実験及び部材レベルの耐火加熱実験が必要である。大規模火災実験は、室レベル、部材レベルの実験では解明できない総合的な現象の検証に必要であるが、実験を繰り返すことはできないため、系統的なデータの取得が必要な実験は、室レベル、部材レベルで行う必要がある。

大規模火災実験で使用する実大の試験体建築物は、3階建てとし、耐火構造以外の木造建築により実現可能な延べ床面積3,000㎡とし、防火壁・RC造階段室のような延焼防止のための区画措置を介して、木造教室ユニットを、更にその外側に設置するのが望ましい。この考え方に基いて、試験体建築物で想定するモデル建築物の試設計を、1時間準耐火構造の壁、柱、床等を使って行った。防火壁等の区画に囲まれた部分全体に最終的に火災が拡大するシナリオで計画を行ったが、実験中の安全管理、実験終了後の消火活動には大きな負担が生じることが予想される。

また、この規模の木造建築物では、大量の大断面集成材を必要とするが、その調達には相当の時間が必要である。これらについては、解決のために十分な時間を確保するため、実験計画の初期段階で、実験用地の地元消防、集成材業界等と協議・調整を図る必要があるが、解決が困難な場合、また、実験予算上、支障となる場合を想定し、試験体建築物については、階数は3階建てのまま、延べ床面積を約40%に縮小する案を提示した。縮小案は、多数室の同時火災による耐力壁の崩壊への影響等、実大規模建築物を試験体としなければ解明困難な現象は把握できるようにしながら、床面積そのものが影響する防耐火性能については、面積・寸法の換算によって、延べ床面積3,000㎡を超える場合を予測できるようにする、という考え方に基づく。

このほか、実大火災実験の実施方法、教室規模の実大火災実験計画、部材の加熱実験計画を整理した。