

東京理科大学「火災安全科学研究拠点」 研究成果概要報告書

研究課題		歴史的木造建築物における初期火災成長のモデル化	実施年度 2022年度
研究代表者	所属	早稲田大学	
	氏名	長谷見雄二	
	問合せ先メールアドレス	hasemi@waseda.jp	
共同研究者	氏名・所属・職	磯 有希彩・早稲田大学・修士課程 藤好 果穂・早稲田大学・修士課程 濱田 朋佳・早稲田大学・修士課程 栗原 麻衣花・早稲田大学・修士課程 三上 翔也・早稲田大学・修士課程 田中 翔也・早稲田大学・修士課程	
受入担当責任者	氏名	松山 賢 教授	

### 1. 研究の背景および目的

2019年首里城火災や同年フランス・ノートルダム大聖堂火災を契機として文化財建造物防災の見直しが迫られている。特に、歴史的木造建築物では主要構造部の防火改修が困難であることから、管理者による火災の早期覚知・初期消火という自主防災の確実性が、早期鎮圧に与える重要度は高い。一方で、2019年文化庁の調査<sup>1)</sup>や研究代表者らが2021年度に実施した奈良県との連携事業の防災対策調査結果<sup>2)</sup>により、防災設備の維持管理不徹底や、管理者の高齢化・遠隔居住による駆け付け時間の長さから、管理者の初期消火による鎮圧は期待し難いことが明らかになっている。このような自主防災が困難な場合については、火災信号の消防自動通報の活用など、従来の早期覚知・消火の前提条件を見直し、自主防災の確実性を高めるシステムの確立が必要である。

現在、文化財建造物の屋内に設置されている自動火災警報設備としては、屋内に火災感知器が露出して見えることを避けた意匠的観点から空気管式感知器が採用されてきた。しかし、空気管式感知器は火災感知器としては古い世代の機器であり、火災による建造物や文化財その他の損傷を最低限に留めるほど早期に発報することは期待し難い。特に管理体制が脆弱な小規模文化財では、維持管理の容易性や費用の観点から、現在、消防法で規定されている自動火災報知設備ではなく、無線式の特定小規模施設用自動火災報知機（以下、特小自火報）の活用が望まれる。そこで本研究では、特小自火報を用いた早期火災覚知、鎮圧を目標として、歴史的木造建築物における初期火災成長のモデル化を目指した。

## 2. 利用施設及び利用日

燃焼熱量測定用フード (5×5m) (2022年9月12、13日、12月7、8日)

## 3. 実験方法・研究成果、および考察 (申請時の計画に対する達成度合いも含む)

※継続課題の場合は、前年度との関係性、進展度合いについても記載すること。

本研究では、歴史的木造建築物における初期火災成長のモデル化を目指して、2つの実験を実施した。第一に、寺社本堂を対象とした可燃物調査<sup>3)</sup>から把握した寺院本堂特有の可燃物を対象として、可燃物量や配置をパラメータとした発熱速度、燃焼性状の把握実験を実施した。更に第二に、天井・壁及び感知器を設置した燃焼実験を行い、火災を感知してから鎮火可能な限界時間を把握することで、文化財的価値の喪失前に管理者による早期覚知及び鎮圧可能性の検討を行った。以上2つの実験について、それぞれ3.1章、3.2章に実験方法、成果及び考察を記す。

### 3. 1 燃焼性状把握実験

#### 3. 1. 1 実験方法

可燃物調査<sup>3)</sup>より把握した寺院本堂内における可燃物について、可燃物量や配置をパラメータとし、発熱速度、燃焼性状の把握実験を実施し、急速な火災成長を抑制する可燃物配置や積載方法について検討を行った。実験装置は、東京理科大学火災科学研究所実験棟内の5×5mの大型燃焼熱量測定用フードを使用した。また、フード下中央に可燃物を設置し、チューブ状のガスバーナーを用いて点火を行った。ガスバーナーの火炎は200mmの長さに設定し、着火しない場合はより大きな火炎で点火した。点火位置は、燃え広がった場合に燃焼が最大となるように、可燃物の中央下部とした(表2)。発熱速度[kW]を酸素消費法によって測定した。また、試験体背後に目盛り入りの柱を立て、ビデオ撮影によって時間経過に伴う間歇火炎高さ[m]を計測した。

#### 3. 1. 2 試験体

試験体条件を表2、3に示す。寺院本堂中央部特有の可燃物として登高座(実験14)を、その他は法要等に使われる椅子や座布団等、脇間等の本堂端部で特有の可燃物種類や配置が見られる箇所及び発熱量密度が大きい箇所から選定し、試験体は市場から新品を調達した。また、段ボール、椅子、座布団等集積して配置されていた可燃物は数・配置を、防災加工品がある物は加工の有無をパラメータとした。

表2 寺院本堂内可燃物の燃焼発熱性状の把握実験 試験体と点火位置

実験1 (カップ麺入り段ボール4個)	実験2 (カップ麺入り段ボール4個)	実験3 (座布団1枚)	実験4 (座布団10枚)	実験5 (座布団5枚2組)	実験6 (パイプ椅子1脚)	実験7 (パイプ椅子3脚)	実験8 (パイプ椅子5脚)
実験9 (パイプ椅子7脚)	実験10 (パイプ椅子10脚)	実験11 (防災座布団1枚)	実験12 (防災座布団10枚)	実験13 (住職用座布団1枚)	実験14 (登高座)	実験15 (卒塔婆9×2本)	凡例
							<p>● : 点火位置 0m : 可燃物最高高さ</p>

### 3. 1. 3 実験結果

各実験の最大発熱速度等を表4に示す。なお、発熱速度の経過や火炎高さの時刻は点火時を0秒として示す。

(a)可燃物の集積有無・集積方法による燃焼性状の把握

#### (1) カップ麺入り段ボール【実験1(1個)、実験2(4個)】

段ボール1個から4個へ量の増加に対し、総発熱量はほぼ比例するが、最大発熱速度はそれに及ばない(図1)。実験中に固形麺が燃えたまま落下し床上を転がったことから、周囲への燃焼拡大要因となる可能性がある。段ボール4個でも火炎高さは天井に届かないが、燃焼時間が長く、近接する可燃物に延焼させ易いこと、同じ発熱速度でも壁際・室隅角部では火炎高さが増すことから、多数の集積は火災拡大要因として注意すべきである。

#### (2) 座布団(中綿：綿わた)【実験3(1枚)、実験4(10枚)、実験5(5枚2組)】

座布団1枚ではバーナー火炎を大きくして生地に着火しても、殆ど燃え広がらなかった。

座布団を10枚重ねると、着火後16秒で座布団最上部まで炎が到達し、座布団を一周するように両側に炎が広がった。外生地の燃焼後、中綿に延焼し、発熱速度が徐々に上昇した。着火1時間16分後に82.1kWまで到達した(図2)。5枚重ねた座布団を2列並べ、列の境界下端で点火したところ、急激に燃焼拡大し、約2分後に発熱速度52.6kW、最大間歇火炎高さ1.3mに達した(図2)。座布団は、10枚以内では積み方・設置位置に関わらず、単

表3 寺院本堂内可燃物の燃焼発熱性状の把握実験 試験体

実験番号※1	可燃物名称	材料	重量[kg/個]	寸法[mm]※2	数量※1
実験1, 2 (カップ麺入り段ボール)	段ボール	紙	0.48	350×450×270	1, 4
	カップラーメン(大)	麵紙 ポリスチレン アルミニウム ポリプロピレン	0.08	Φ96×107	15, 60
	カップラーメン(小)		0.04	Φ80×90	6, 24
	カップうどん①		0.14	Φ141×77	1, 4
	カップうどん②		0.11	Φ141×77	1, 4
	カップそば		0.1	Φ141×77	1, 4
	カップ焼きそば(大)		0.19	177×177×68	1, 4
カップ焼きそば(小)	0.12		177×115×38	1, 4	
実験3, 4, 5 (座布団)	座布団	外生地:綿 中綿:綿90%, ポリエステル10%	1	500×540×86	1, 10, 5×2
実験6, 7, 8 9, 10 (パイプ椅子)	パイプ椅子	座面表面:ウレタンフォーム 座面:ポリウレタン、 ポリエチレン、集成材 脚:スチール	4.52	550×495×770	1, 3, 5 7, 10
実験11, 12 (防災座布団)	座布団	外生地:綿 中綿:綿90%, ポリエステル10%	1	500×540×86	1, 10
	防災布(防災製品番号:AA-26001)	綿45% ポリエステル25% アクリル系難燃繊維30%	0.11	(500×1080)	1, 10
	難燃糸	アラミド繊維	-	-	-
実験13 (住職用座布団)	座布団(住職用)	外生地:ポリエステル 中綿:ポリエステルわた	1.96	600×560×130	1
実験14 (登高座)	礼盤(壇小)	スギ材	10.02	350×450×270	1
	半畳	天然いぐさ、フェルト オールボード	5.44	612×612×60	1
	座布団(住職用)	外生地:ポリエステル 中綿:ポリエステルわた	1.96	600×560×130	1
	修法壇(壇大)	スギ材	37.72	1201×1202×350	1
	経机	紫檀	7.34	340×600×290	2
	ろうそく	ろうそく	0.08	Φ21×242	2
	書籍	紙	-	192×136×40	1
	ティッシュボックス	紙	0.175	229×118×46	1
実験15 (卒塔婆)	卒塔婆	モミ材	0.67	75×5×1810	9
	塔婆立	スギ材	1.54	826×348×1023	2

※1: 各実験番号と試験体数量が対応している。

※2: 可燃物寸法は、幅×奥行×高さ(mm)または、底面寸法×高さ(mm)と表記した。

表4 実験ごとの発熱速度・間歇火炎高さの最大値

実験番号	主要可燃物	数量	可燃物高さ[m]	着火結果	最大発熱速度		間歇火炎高さ		総発熱量[MJ]
					[kW]	経過時間	[m]	経過時間	
1	段ボール(カップ麺入り)	1	0.27	○	61.7	23秒	1.2	55秒	47.5
2	段ボール(カップ麺入り)	4	0.54	○	165.2	10分15秒	1.6	4分51秒	172.4
3	座布団(綿)	1	0.09	△	-	-	-	-	-
4	座布団(綿)	10	0.75	○	82.1	1時間15分58秒	0.8	15秒	180
5	座布団(綿)	5×2	0.41	○	52.4	1分27秒	1.3	1分28秒	24.3
6	パイプ椅子	1	0.77	○*	20.5	25秒	1	21秒	-
7	パイプ椅子	10	1.38	○	609.6	5分20秒	4	6分30秒	317.7
8	パイプ椅子	3	0.91	○	172.2	13分32秒	2.2	12分52秒	81.7
9	パイプ椅子	5	1.07	○	300.9	17分45秒	3.8	16分55秒	138.1
10	パイプ椅子	7	1.17	○	219.3	10分3秒	3.3	9分47秒	147.9
11	防災座布団(綿)	1	0.09	×	-	-	-	-	-
12	防災座布団(綿)	10	0.75	△	-	-	-	-	-
13	座布団(ポリエステル)	1	0.13	○	57.9	4分43秒	0.8	4分	9.7
14	登高座	1	0.46	△	398.1	1時間24分26秒	2.5	1時間20分32秒	656.5
15	卒塔婆	18	1.79	△	-	-	-	-	-

\*1 背面のみ着火 \*2 間歇火炎高さは、床面からの高さとした

独で火炎が天井に届くとは言い難い。しかし、集積時の燃焼時間は長く、火災感知の遅れや管理者不在時等、初期消火できない場合には火災拡大の助長要因になると考えられる。

**(3)パイプ椅子【実験 6(1脚)、実験 7(3脚)、実験 8(5脚)、実験 9(7脚)、実験 10(10脚)】**

実験 6 では、パイプ椅子の座面下側点火では着火しなかったため、座面上側に点火したが、着火後数秒で自然鎮火した。そこで背面に点火すると短時間、激しく燃焼した。実験 10 では、パイプ椅子を 10 脚積載し、1 段目の座面上側に点火したところ、背面に向かって燃え広がり、背面に延焼すると 10 段目の背面まで急激に延焼が拡大し、着火約 5 分後には最大発熱速度 609.6kW、約 6 分後には间歇火炎高さが最大約 4m に達した(図 3)。著しく急速な燃焼拡大は、積載による椅子背面間の隙間で空気流入の制限と背面間の相互放射が生じて燃焼が加速されるトレンチ効果によると考えられ、椅子単体では燃え広がらなかった座面も燃焼した。このように、単体と積載状態では大きく異なる燃焼性状を示し、実験時の 10 脚積載状態では自火報を設置しても確実な初期消火は困難と考えられる。そこで、積載脚数ごとの燃焼性状を把握するため、3 脚、5 脚、7 脚を積載した場合での実験も行った。いずれも実験 10 と同様に 1 段目の座面上側に着火し、最大発熱速度は、172.2kW(実験 7)、300.9kW(実験 8)、219.3kW(実験 9)、间歇火炎高さは 2.2m(実験 7)、3.8m(実験 8)、3.3m(実験 9)となった。積載数の増加に伴う最大発熱速度、间歇火炎高さの比例関係は把握できなかったが、7 脚の方が 5 脚よりも早い段階での発熱速度及び火炎高さの上昇が見て取れる(図 3)。したがって、5 脚以上の積載は自由空間における消火器の鎮圧可能限界 275kW<sup>4)</sup>を超える発熱速度やそれに値する危険性があると考えられるため、火災拡大抑制が必要である。

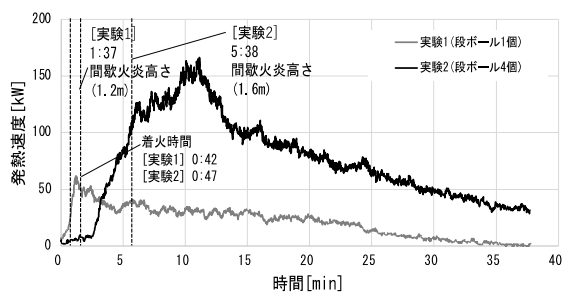


図 1 発熱速度 (カップ麺入り段ボールの燃焼実験 1,2)

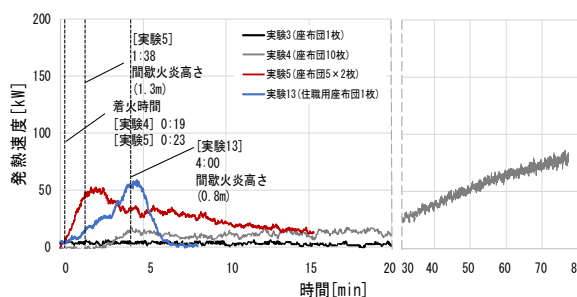


図 2 発熱速度 (座布団の燃焼実験 3,4,5,13)

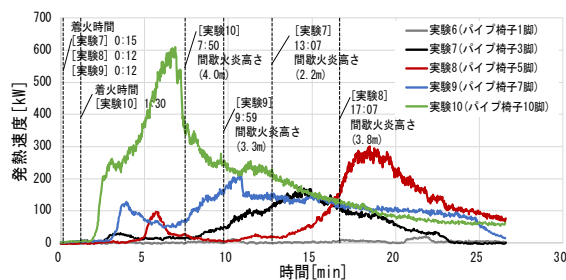


図 3 発熱速度 (パイプ椅子の燃焼実験 6,7,8,9,10)

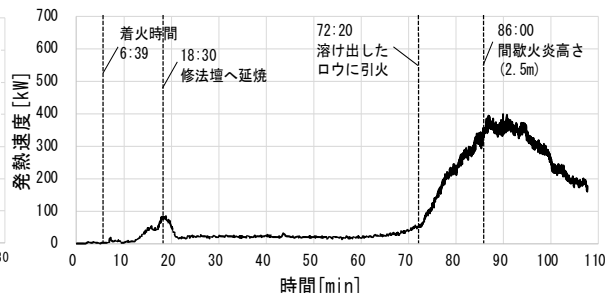


図 4 発熱速度 (登高座の燃焼実験 14)

## (b) 防炎加工製品の燃焼性状の把握

### (1) 防炎座布団(中綿：綿わた)【実験 11(1 枚)、実験 12(10 枚)】

実験 11 では、防炎カバーをかけた座布団に点火したが、バーナー火炎を大きくして点火を繰り返しても、着火後数秒で鎮火した。実験 12 では、10 枚の防炎座布団を垂直に積載し点火した。着火後数秒で鎮火したため、炎を大きくして再点火すると約 2 分間防炎カバー表面で燃焼し鎮火した。防炎加工をしていない座布団実験 3,4 と比べると、防炎座布団では、近隣可燃物への延焼媒体となる危険も小さいと言える。

## (c) 本堂内特有可燃物(仏具)の燃焼性状の把握

### (1) 登高座【実験 13(住職用座布団)(中綿：ポリエステルわた)、実験 14(登高座)】

引火し易いと予測される住職用座布団(実験 13)で実施のうえ、登高座を再現した試験体(実験 14)について行った。

実験 13 の住職用座布団は中綿がポリエステルわたで近傍で想定される火源としてろうそくを火源とし、その中央下部に点火した。着火すると、ポリエステルわたが少しずつ燃焼しながら熔融して座布団下部に流出し再着火した。その結果、熔融ポリエステル量が多い端部で急激に燃焼拡大し、座布団全体が炎上し、発熱速度、間歇火炎高さはそれぞれ 57.9kW、0.8m に達した。実験 13 の発熱速度は最終着火した時間を 0 秒として図 2 に記載した。ポリエステルを中わたとする住職用座布団は、加熱で熔融する特徴や火炎高さから見て、近接する可燃物に延焼させる可能性がある。

実験 14 では、住職用座布団(実験 13 と同製品)下の礼盤に点火した。約 5 分間口火を接炎し続けたが着火しなかったため、火炎を大きくし再点火したところ座布団に着火し、約 10 分間は座布団及び礼盤のみが燃焼した。その後、溶け落ちたポリエステルの火炎が修法壇側面に接して着火約 12 分後に延焼した。修法壇側面の着火約 30 分後に側面に穴が開き、修法壇内部に延焼した。その後、修法壇上部の板が歪んで傾斜が生じ、溶けたロウが壇側面に流れ込んだ。点火から 67 分後に壇側面からの火炎が流れ込んだロウに引火し、一気に修法壇上部へ延焼した。また、急激な燃焼により座布団左右の経机へ延焼した。その結果、着火約 1 時間 20 分後に間歇火炎高さは 2.5m となり、着火約 1 時間 25 分後に最大発熱速度 398.1kW に達した(図 4)。登高座は着火後、急激に燃焼拡大するとはいえないが、最大発熱速度、火炎高さは、天井の低い室内では天井に引火させて著しい燃焼拡大を引き起こし得る程度の大きさである。

### (2) 卒塔婆【実験 15(卒塔婆 9 本 2 組)】

卒塔婆 9 本を立てた状態で表面が見えるように並べたものを 2 組重ねて設置し点火した。その中央下端にバーナーで点火したが、火炎が卒塔婆上部まで到達することはなかった。卒塔婆下部は炭化し、上部の重みによって折れたため、火炎高さは大きくならないが、着火した卒塔婆が折れて倒れると周囲へ延焼する可能性が考えられる。

### 3. 2 感知器作動と管理者による鎮火可能時間の把握実験

3.1 章では、小規模文化財寺院の本堂内を対象とした主要可燃物の燃焼性状の測定を行い、寺院本堂内の急速な火災成長を抑制する可燃物の数量や配置、積載方法の検討を示した。そこで本実験では火災初期から鎮圧不可能(火炎が天井到達)に至るまでを再現した初期火災感知実験を実施し、火災感知から鎮圧不可能になるまでの時間を把握することで寺院本堂における早期火災覚知・鎮圧へ向けた検討を行った。

#### 3. 2. 1 実験方法

本実験は 3.1 章と同じ大型燃焼熱量測定用フード下に設置した不燃材料を天井とする鋼製フレーム内で実施し、本堂端部での可燃物と壁への延焼の状況は、天井下に木製壁を建てて再現した(表 5 内写真)。天井には煙式・熱式感知器を設置することで、火災感知する火災段階と、感知器の作動から鎮圧不可能な火災に至るまでの時間を把握した。光電式煙式感知器、定温式熱式感知器の作動時間、熱電対ツリーにより天井面の温度、天井面に設置した煙濃度測定器により煙濃度を計測した。時間表記は点火時を 0 秒とし、撮影によって、時間経過に伴う床面からの連続火炎高さ及び、間歇火炎高さを 5 秒ごとに記録した。

#### 3. 2. 2 試験体

試験体条件を表 5 に示す。3.1 章の実験 13 の結果から修法壇延焼前に感知器が作動すると想定されたため、実験 16 では修法壇は側板のみとした。実験 17 は、3.1 章から可燃物のみでは天井に火炎が到達しないと想定される 3 脚積載とした。本堂中央部と端部を想定した天井高さについては、寺院本堂の調査結果<sup>3)</sup>を基に決定し、天井の大きさは 3.64×3.64m、天井材はケイカル板とした。また、実験に使用する木壁は、鋼材の L 字アングルの型枠に、スギ集成材(厚さ 12mm)をナットやボルトで固定し作製した。天井と壁先端の隙間には、ブランクセットで隙間を埋め、スギ板は実験時に一部燃焼するため、実験ごとに板を交換した。

表 5 試験体条件

実験番号	実験16	実験17	実験18	実験19-1	実験19-2
可燃物	登高座	パイプ椅子 3脚	カップ麺入り段ボール 4箱	座布団* 5枚積載×2	座布団* 10枚積載
天井高さ	3.5m	2.48m	2.48m	2.48m	2.48m
壁	設置なし	1面設置	2面設置	2面設置	2面設置
配置図					
実験写真					
想定箇所	本堂内中央部での火災	本堂内端部(壁際)での火災	本堂内端部(壁際)での火災	本堂内端部(コーナー)での火災	本堂内端部(コーナー)での火災

【凡例】 ● 熱電対ツリー ○ 感知器 □ 煙濃度測定器 ■ 2方向管 □ 可燃物 ■ 床設置範囲 ■ 木壁 ● 点火箇所 \* 中綿: 綿わた



### 3. 2. 3 実験結果

#### (1) 登高座【実験 16】

住職用座布団に着火 2 分 37 秒後、煙式感知器が作動した。住職用座布団は外生地がポリエステル製で、煙の発生量が多いため、早期に感知したと考えられる。着火から約 9 分 30 秒後に修法壇の側板へ延焼したが、着火から消火までの間、間歇火炎高さに比べ連続火炎高さは上昇していないことから、3.1 章の実験 13 の結果と同様に激しい燃焼には至っていないことが分かる。火炎が天井に到達することなく、図 5 より、天井近傍温度も最高 45℃程度に留まり、熱式感知器は実験終了まで作動しなかった。以上より、登高座の燃焼火災の場合、住職用座布団が燃焼している段階で、煙式感知器によって火災を覚知できれば、管理者による初期消火や消防による駆け付けで火災鎮圧できる可能性が高い。

#### (2) パイプ椅子 3 脚【実験 17】

着火後、ポリウレタン製の座面シートが燃焼して煙濃度が上昇し、煙式感知器は点火から 59 秒後に作動した。その後、椅子背面が激しく燃焼すると、点火 4 分 40 秒後に火炎が天井に到達した(図 6)。一度火炎の勢いが収まった後に壁が激しく燃焼し、点火約 10 分後から再度火炎が天井に到達した。熱式感知器は点火から 4 分 29 秒で作動したことから、作動時に既に天井に火炎が届いており、管理者による初期消火は不可能である。

#### (3) カップ麺入り段ボール【実験 18】

図 7 より点火 28 秒後に段ボールへ着火し燃焼が始まると、点火から 2 分 16 秒後に煙式感知器が作動した。その後、カップ麺入り段ボールの燃焼が激しくなると、火炎高さは点火から約 3 分後に急激に上昇し、熱式感知器が点火から 3 分 14 秒後に作動した。正面側の壁に着火したのは、熱式感知器作動の 1 分 16 秒後であった。そこから壁を伝搬して火炎が大きくなり、点火から 5 分 25 秒後に徐々に間歇火炎高さが天井に到達するようになった。

#### (4) 座布団【実験 19-1(5 枚 2 列)、実験 19-2(10 枚)】

座布団 5 枚 2 列では、点火約 3 分 20 秒後から座布団の列の境界で激しく燃焼し、間歇火炎高さが 1m を記録した。その後、燃焼が落ち着き火炎高さも小さくなったが、点火約 7 分後に正面側の壁に延焼すると火炎が大きくなり、約 30 秒後には一気に火炎高さが上昇し天井に達した(図 8)。

一方、座布団 10 枚では、点火から 50 秒後には、座布団の上段 10 枚目まで燃焼したが、そこから火炎は大きくなり、点火約 5 分 30 秒後まで、燃焼の激しさに変化は見られなかった。その後、正面側の壁に延焼すると一気に火炎が大きくなり、点火から 5 分 55 秒後に火炎が天井に到達した(図 9)。また座布団 10 枚での熱式感知器は、点火から 5 分 58 秒後に作動した。したがって熱式感知器の作動時には、火炎は天井に到達していることから、熱式感知器のみの設置では、感知器の作動で管理者が駆けつけて消火にあたっては被害の大規模化を防げない可能性が高い。

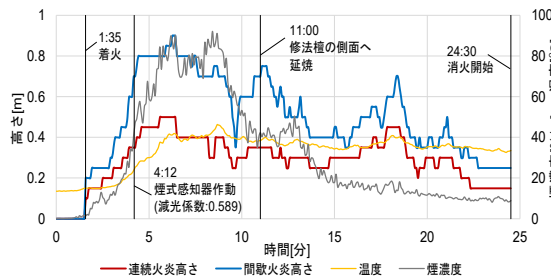


図5 測定結果(実験 16:登高座)

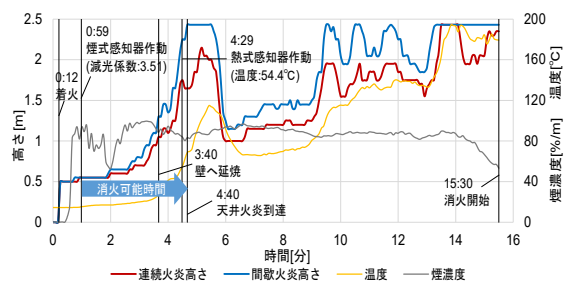


図6 測定結果(実験 17:パイプ椅子 3脚)

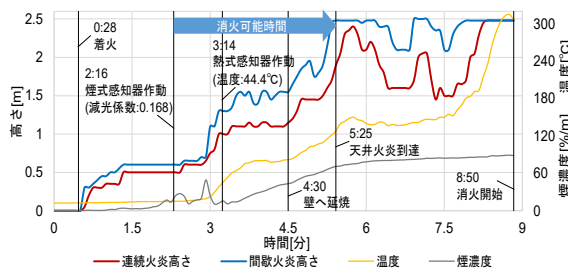


図7 測定結果(実験 18:カップ麺入り段ボール)

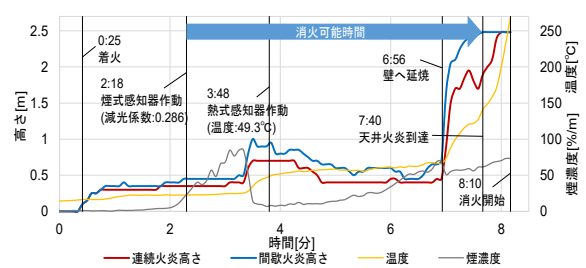


図8 測定結果(実験 19-1:座布団 5枚 2列)

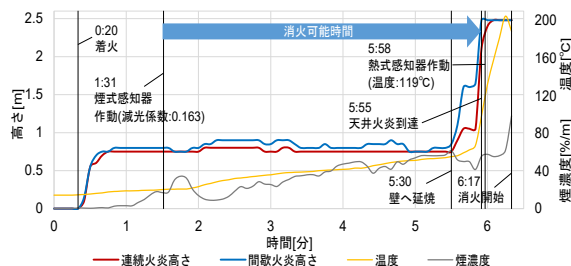


図9 測定結果(実験 19-2:座布団 10枚)

### 3. 3 本堂内可燃物の燃焼性状と寺院本堂における早期覚知・鎮圧へ向けた検討

以上の実験結果より、座布団やパイプ椅子等積み重ねて寺院本堂内に保管される可燃物は、単独燃焼に比べて集積された場合に発熱速度、火炎高さともに増加傾向が見られ、可燃物の集積は燃焼拡大の助長要因となることを明らかにした。これに対し、防火加工製品は燃焼拡大抑制へ有効であることも明らかにした。集積可燃物は、本堂内の壁際や隅部に多く設置されており、火炎が伸長し易いことを考慮すると、点火後10分前後以内に消火器では鎮圧困難な燃焼規模に達する。また、本堂端部の天井高さが2m未満の例があり、早い段階で盛期火災に至る可能性がある。したがって、集積状況次第ではいずれも燃焼抑制対策が必要である。

防火対策として、集積可燃物が燃焼した際の初期消火による鎮圧が難しい場合が多いこと、防火製品が燃焼拡大抑制に有効であることから、カップ麺入り段ボール、パイプ椅子等、集積保管時の燃焼性が危惧されるものは、収納等、閉鎖的な空間に收容するか、防火布で覆って集積の燃焼助長効果を抑制することが有効であると考えられる。

更に3.2章では、小規模木造寺院本堂における早期火災覚知・鎮圧へ向けて、火災感知と



鎮圧可能な限界時間を把握した。これより、煙式感知器は火災の初期段階で作動する一方で、熱式感知器の作動時には、既に天井に展炎しているケースが多く、火災の早期覚知には煙式感知器が有効であろう。合成高分子化合物の燃焼では火災初期に煙発生量が多く、早期に煙感知したが、その後パイプ椅子やカップ麺は早期に急激な燃焼拡大が見られ、壁への延焼により、火炎は一気に天井に到達した。火炎拡大を抑制させるために可燃物は壁際やコーナーに置かない又は距離を置いて管理をすることで、火災時には文化財的価値の喪失前に管理者が早期覚知し、初期消火できる可能性が高まるだろう。

#### 【参考文献】

- 1) 文化庁「国宝・重要文化財の防火設備等の緊急状況調査結果（アンケート調査結果）について」, 2019 .8.8
- 2) 早稲田大学・奈良県の連携協定に基づく「小規模寺社における文化財建造物の防災対策検討事業」
- 3) 立川直杜, 磯有希彩, 濱田朋佳, 藤好果穂, 伯耆原智世, 松山賢, 長谷見雄二: 小規模文化財寺院本堂内の早期火災覚知・消火の確実化に向けた基礎研究-指定文化財寺院本堂の可燃物調査と主要な可燃物の燃焼性状の測定-, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp. 569-572, 2023.02
- 4) 西松慶他, 高齢者就寝施設における火災の早期対応・鎮圧の確立に関する研究 (その1) 消火器・簡易消火具による成長抑止可能燃焼規模とその影響要因の把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 防火, pp. 59-60, 2021.9

#### 4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

今後の展望として、特小自火報を用いた早期火災覚知、鎮圧を目標として、管理者が火災鎮圧対応できる火災成長規模の把握及び火災鎮圧に必要な設備・機器の性能の評価を考えている。2022年度に実施した火災実験により把握した寺院特有の火災性状を基にしながら、煙式感知器で火災を覚知したあと、火炎が天井到達して鎮圧が困難になる前に、火災鎮圧する消火設備や機器の性能や操作性の評価を行いたい。更に、鎮圧できる限界時間・発熱量を把握することにより、鎮圧に必要な火災覚知時間（覚知性能）、消火性能を割り出すことを目標とする。特に、高齢管理者の使用を想定して、消火器及び消火具を用いた鎮圧効果の定量化と操作に必要な行動能力の把握を目指す。以上は、本課題の継続課題として、2023年度に火災・消火実験を実施する予定である。

#### 5. 成果の公表状況（学会への発表、学術誌への投稿等を記述。予定も含む）

[1] 立川直杜, 磯有希彩, 濱田朋佳, 藤好果穂, 伯耆原智世, 松山賢, 長谷見雄二: 小規模文化財寺院本堂内の早期火災覚知・消火の確実化に向けた基礎研究-指定文化財寺院本堂の可燃物調査と主要な可燃物の燃焼性状の測定-, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp. 569-572, 2023.02

[2] 伯耆原智世, 立川直杜, 濱田朋佳, 松山賢, 長谷見雄二: 小規模文化財寺院本堂の早期火災  
覚知・初期消火の確実化へ向けた基礎研究(その1) 寺院本堂内の可燃物調査とその燃焼性  
状の測定概要, 日本建築学会大会学術講演発表会, 2023.9 (発表予定)

[3] 立川直杜, 濱田朋佳, 伯耆原智世, 松山賢, 長谷見雄二: 小規模文化財寺院本堂の早期火災  
覚知・初期消火の確実化へ向けた基礎研究(その2) 主要可燃物の燃焼性状の測定結果, 日  
本建築学会大会学術講演発表会, 2023.9 (発表予定)

[4] 濱田朋佳, 立川直杜, 伯耆原智世, 松山賢, 長谷見雄二: 小規模文化財寺院本堂の早期火災  
覚知・初期消火の確実化へ向けた基礎研究(その3) 感知器作動と管理者による鎮火可能限  
界時間の把握, 日本建築学会大会学術講演発表会, 2023.9 (発表予定)

## 6. 経費の使用状況

消耗品費・会議費・印刷費等		旅費		人件費	
事 項	金額(円)	事 項	金額(円)	事 項	金額(円)
燃焼実験用消耗品 類 (9月)	274,539				
燃焼実験用消耗品 類 (12月)	225,234				
小計	499,773	小計		小計	
東京理科大学 負担分 総計 499,773 円					

上記以外 早稲田大学 負担分 総計 935,000 円

以上

※ページは適宜増やしてください。

※上記5に記載された成果公表については、別刷1部をご提出願います。PDFファイル等の電子データでも構いません。

※本成果報告概要書に記載された内容は、本拠点の成果報告としてWeb等で公開されることをお含み置き下さい。

※本成果報告概要書と併せて、研究報告書を提出頂いても構いません。(フォーマットは問いません。)

※後日開催予定の成果発表会で使用されるプレゼンテーション用の電子ファイルについても提出願います。