

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		高粘度液体による木板外壁への防火性に関する研究（2）	実施年度 2019年度
研究代表者	所属	工学院大学	
	氏名	後藤 治	
	問合せ先メールアドレス	ogoto@cc.kogakuin.ac.jp	
共同研究者	氏名・所属・職	石郷岡 将平 能美防災株式会社 副主事	
受入担当責任者	氏名	松山 賢	

1. 研究の背景および目的

文化財等の伝統的構造物や木造住宅密集地域に見られる木造建築物の外壁等は防耐火性の低い素材である板材を多用しているため、火災による延焼被害が発生しやすく地域危険度が非常に高い。

こういった構造物や地域においては耐火構造への改修が望ましいが、実際には歴史的価値や景観等を維持する必要がある地区では、現況で保存されていることがほとんどである。

こういった状況の中、火災時には多くの場合、消防隊が到着するまで地域住民の手で消火栓等を用いて延焼抑制作業を講ずる対策がとられているが、場所によっては水源が確保できないことや長時間の延焼抑制作業は危険が伴うなどの課題が発生する。

これらの課題を解決するためには、消防隊到着までの時間を稼ぐために何らかの方法で外壁等の遮熱・遮炎性能を向上させることが有効である。

前年度（平成 30 年度）の本共同利用・共同研究において、高粘度液体を付着させることで板壁の遮熱・遮炎性能が向上することを明らかにしたが、その効果は期待していた性能（準防火構造が求める 20 分の燃え抜け抑制・遮炎）を満足できないことが確認できた。本研究では、期待する防火性能を得るために、高粘度液体に耐火性を向上させる混合物を加えて改良を行い、その効果を評価した。

また、当初の計画に加え、2019 年 10 月に首里城の正殿等に火災が発生し、その木部の漆塗装が火災に影響を及ぼした可能性があることから、本研究と関連が深い事案と考え、漆塗装による火災への影響について、コーンカロリーメーター試験装置を用いて評価した。

2. 利用施設及び利用日

- ・ コーンカロリメーター試験装置

(2019年12月3日～12月11日, 2020年2月17日, 2020年3月26日)

- ・ ICAL試験装置

(2020年2月5日～2月19日, 2020年3月25日～27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。

(1) 『木造建築物の外壁に対して高粘度液体を塗布した際の着火遅延、燃えぬけ遅延効果』

■実験方法・研究成果および考察

【添付資料1,2】を参照。

■前年度との関係性、進展度合い

前年度（平成30年度）の本共同利用・共同研究において、高粘度液体（以後、従来品とする）を付着させることで板壁の遮熱・遮炎性能が向上することを明らかにしたが、その効果は期待していた性能（準防火構造が求める20分の燃え抜け抑制・遮炎）を満足できないことが確認できた。本研究では、期待する防火性能を得るために、高粘度液体に耐火性を向上させる混合物を加えて改良を行い（以後、改良品とする）、その効果を評価した。

不燃材料等の評価するコーンカロリメーター試験装置を用いた実験では、改良品2mm塗布は、従来品2mm塗布に比べて着火時間が5分～10遅延し、着火遅延効果の向上が確認できた。次に実際の木壁と同じ仕様（下見板張りの木壁模型）で行ったICAL実験では、改良品2mm塗布の裏面への燃えぬけ時間は、30分～15分（加熱強度30kW/m²～50kW/m²）となった。今回の実験では、一定の加熱強度で評価したが、実火災は成長火災であるため、実際に木壁が受ける加熱強度は、段階的に増加すると考えると、改良品は、実火災では期待する防火性能（20分の燃えぬけ抑制・遮炎）をおおむね満たすと考える。

(2) 『首里城正殿等の塗装が発火及び発熱に及ぼした影響について』

■実験方法・研究成果および考察

【添付資料3】を参照。

首里城の塗装仕様『丹塗り』の着火時間は、『塗装無し』と比べて、加熱強度20kW/m²時は5分短く、50kW/m²時はほぼ等しい。よって、首里城火災の出火原因、火災状況は定かではないが、火災の初期段階において、『丹塗り』は、『塗装無し』に比べて着火し易い傾向がある。しかし、火災最盛期のような加熱強度が大きい場合は、着火時間の差はほとんどないと考えられる。また、20kW/m²時の『丹塗り』は、他の条件に比べて燃料蒸気が多く噴出し、着火時間が早くなった可能性があると考ええる。

4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

『木造建築物の外壁に対して高粘度液体を塗布した際の着火遅延、燃えぬけ遅延効果』

今年度の実験では、薬剤に対して期待していた防火性能（20分の燃えぬけ抑制・遮炎）が概ね得られたため、今後は、実用性を高めるために、軒下や面戸板付近における評価の他、薬剤を放射する装置（設備）の試作検討も並行して進め、早期の市場投入を目指す。

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）

■2020年度日本火災学会研究発表会梗概集

①テーマ名：定放射熱を受ける杉板に対する高粘度液体の着火遅延効果（第2報）

著者：石郷岡 将平，村田 眞志，池亀 主則（能美防災）

堀田 博文，堀内 智（防災コンサルタンツ）

後藤 治，田村 雅紀，小林 直弘（工学院大学）

松山 賢（東京理科大学）

■2020年度日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）

①テーマ名：定放射熱を受ける木壁模型に対する高粘度液体の着火遅延効果

著者：石郷岡 将平，村田 眞志（能美防災）

堀内 智（防災コンサルタンツ）

後藤 治，田村 雅紀，小林 直弘（工学院大学）

松山 賢（東京理科大学）

②テーマ名：首里城正殿等の塗装が発火及び発熱に及ぼした影響について

著者：高橋 佳彦，石郷岡 将平，村田 眞志（能美防災）

堀内 智（防災コンサルタンツ）

後藤 治，田村 雅紀，小林 直弘（工学院大学）

関沢 愛，松山 賢，（東京理科大学）

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)
台座被覆作業費用	44,000		0		0
木壁模型費用	198,000				
残渣処理費用	110,220				
小計	352,220	小計	0	小計	0
東京理科大学 負担分 総計			352,220 円		

上記以外 負担分 総計 0 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。

【添付資料 1】定放射熱を受ける杉板に対する高粘度液体の着火遅延効果（第 2 報）

1. はじめに

木造建築物の外壁や軒裏（以下、外壁等と称す）は、火災による延焼被害が発生しやすい。そのため防火性能の改善が望まれるが、重要伝統的建造物群保存地区等では景観を維持するためにそのままの仕様で保存されていることが多い。

前報^{*1}では、木造建築物の外壁等で用いられる板材に、隣接火災の影響を受ける前に付着性の高い高粘度液体を付着させた場合の着火遅延効果および板材の総発熱量の測定を、ISO 5660-1:2002 のコーンカロリメーターを用いて行った。

本研究では、遅延効果の改善を目的に、『改良した高粘度液体』について同様の測定を行った。前報の実験では、点火源を投入して電極間の放電を連続的に行ったが、『改良した高粘度液体』が加熱により影響を与えるため本研究では、点火源なしで行った。

2. 高粘度液体の仕様

『高粘度液体』は、水に無機物を 4%分散させたものとし、『改良した高粘度液体』は、それにさらに別の無機物を混合したものとした。

3. コーンカロリメーターを用いた実験

3.1 実験の概要

(1) 試験体

試験体は杉板（10cm×10cm×厚さ 12 mm）の新材とし、含水率は 10%～15%とした。

(2) 実験条件（計測は各 2 回実施）

表 1 実験条件

加熱強度 [kW/m ²]	塗布条件		
	板材	塗布試料	塗布厚さ
50	新材	塗布無し	-
		高粘度液体	2mm
			4mm
		改良した高粘度液体	2mm
			4mm

(3) 実験手順

- ①試験体上面に一定の加熱強度を受けるように赤外線放射ヒーターの出力を調整。
- ②各塗布条件の試験体を固定台に固定（図 1）。
- ③遮熱板を抜き、実験開始。
- ④杉板の着火時間を計測し、消炎するまで確認した後、実験終了。

試料とヒーターの距離: 25mm

※ヒーターの出力によって熱流束を調整するため、距離は固定

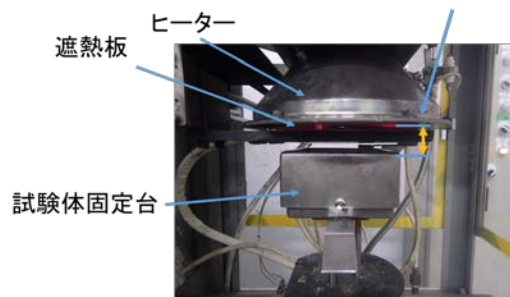


図 1 試験開始直前の状態

3.2 実験の結果

実験の結果を表 2、3、図 2 に示す。

表 2 新材の各塗布条件における着火時間

塗布条件		着火時間
塗布試料	塗布厚さ	
塗布無し	-	①0' 19" ②7' 15"
高粘度液体 (無機物 4%)	2mm	①2' 10" ②8' 10"
	4mm	①6' 00" ②7' 40"
改良した高粘度液体 (高粘度液体+ 別な無機物)	2mm	①12' 00" ②13' 30"
	4mm	①18' 40" ②23' 00"

(1) 新材の着火時間と実験後の加熱面の状態

・新材の『塗布無し』の着火時間は、1 回目と 2 回目で大きなばらつきがみられた。前報¹⁾の点火源のある同条件の実験（2 回実施）では、平均着火時間が 10 秒でばらつきもほとんどなかった（1 回目 8 秒、2 回目 12 秒）。今回の大きなばらつきは、点火源の有無や板材の差異などによる影響と考えられる。

・『高粘度液体』の着火時間は、『塗布無し』と同様にばらつきが見られ（塗布厚さ 2 mm）、今回の条件では、『塗布無し』の着火時間と比べて著しい着火時間の遅延が見られなかった。加熱面に塗布された『高粘度液体』の実験前後の状態を比べると、実験前は均一に塗布された状態だったが、実験後は白色の固形物が炭化表面に点在して残った（表 3）。

・『改良した高粘度液体』の着火時間は、『塗布無し』と同様にばらつきが見られた(塗布厚さ4mm)。塗布厚さ2mmの着火時間は、『塗布無し』および『高粘度液体』の着火時間に比べて5分から10分程度遅延する傾向が見られた。塗布厚さ4mmの着火時間は、『塗布無し』および『高粘度液体』の着火時間に比べて10分から20分程度遅延する傾向が見られた。着火時間が大きく遅延した要因は、『改良した高粘度液体』は、加熱されると塗布した面に硬い膜として残り(表3)、この膜が放射熱を遮断する効果があるためと考えられる。

(2) 新材の発熱速度

・『塗布無し』、『高粘度液体2mm、4mm』は、試料表面のほぼ全体に着炎し、『改良した高粘度液体2mm』は試料表面の一部が露出し着炎した。『塗布無し』、『高粘度液体2mm、4mm』、『改良した高粘度液体2mm』の総発熱量は、着火した後に急激に増加し、グラフの傾き(図2)が、概ね等しいことから、一旦着火した後の発熱速度(約80kW/m²)は、塗布の有無で変わらないと考えられる。一方で『改良した高粘度液体4mm』は、膜がほぼ全面に残り、着火した際の火炎が小さく、着火後の発熱速度(約30kW/m²)は、他の条件の2/5となった。

4. まとめ

・『改良した高粘度液体』は、『高粘度液体』と比べて、加熱されると塗布した面に硬い膜として残り、著しい着火遅延効果があった。また、『改良した高粘度液体4mm』では、膜がほぼ全面に残り、着火した後の発熱速度が他の条件に比べて小さくなった。よって、『改良した高粘度液体』のように加熱時に不燃の膜が残るものであれば、著しい着火遅延効果が得られ、さらに膜が全面に残るものであれば、着火した後の燃焼を抑制する効果が得られる可能性がある。

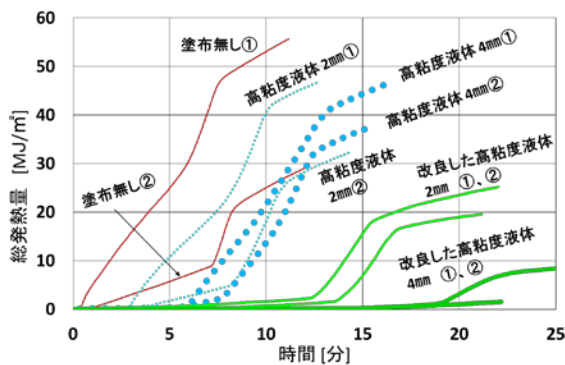


図2 新材の総発熱量の時間変化

表3 新材の実験前後の加熱表面の状態

実験前(左側)	実験後(右側)
塗布無し	
高粘度液体 2mm	
高粘度液体 4mm	
改良した高粘度液体 2mm	
改良した高粘度液体4mm	

【謝辞】本研究は東京理科大学火災安全研究拠点共同利用・共同研究の助成を受けた。

【参考文献】1)石郷岡、村田ほか：定放射熱を受ける杉板に対する高粘度液体の着火遅延効果：2019年度 日本火災学会 研究発表概要集 pp. 276-277

【添付資料2】定放射熱を受ける木壁模型に対する高粘度液体の着火遅延効果

1. はじめに

伝統的建造物や木造住宅密集地域に見られる木造建築物の板材を用いた外壁等は、火災による延焼被害が発生しやすく地域危険度が高い。そのため防火性能の改善が望まれるが、歴史的価値や景観等を維持するためにそのままの仕様で保存されていることが多い。

本研究では、下見板張りの木壁模型に対して付着性の高い高粘度液体を隣接火災の影響を受ける前に散布した場合の着火遅延効果を、ICAL 試験装置（輻射パネル）を用いて実験的に調査した。

2. 高粘度液体の仕様

高粘度液体は水に無機物を 3.8% 分散させ、耐寒仕様のためエチレングリコールを 15% 添加したもの（以下、『耐寒品』と称す）と、耐寒仕様とせず、高粘度液体に着火遅延効果の向上を目的としてさらに別の無機物を混合したもの（以下、『改良品』と称す）とした。

3. 実験条件および実験手順

(1) 試験体（木壁模型）

試験体は杉板材を用いた下見板張りの木壁模型（950 mm × 950 mm × 板厚さ 12 mm）で、含水率を 10% ~ 15% に調整した（図 1）。

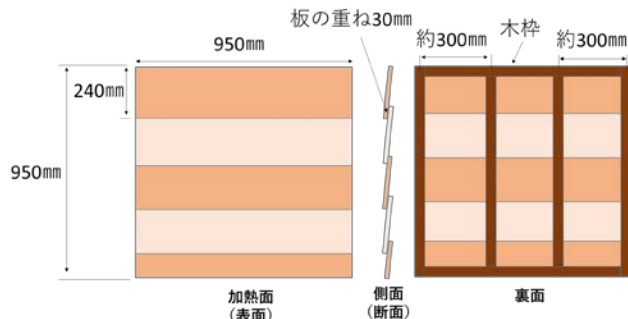


図 1 下見板張りの木壁模型

(2) 輻射パネルの仕様

パネルヒーターの寸法	幅 1750mm × 高さ 1380mm
パネルの赤熱方法	ガスバーナー火炎により赤熱（都市ガスを使用）

(3) 実験装置の配置

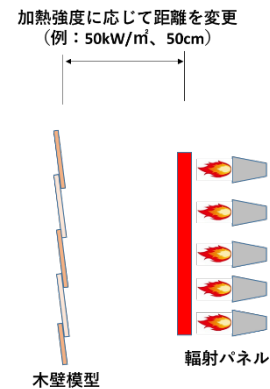


図 2 実験装置の配置イメージ図

(4) 加熱強度、塗布条件

表 1 に示す加熱強度、塗布条件における裏面への燃え抜け時間の計測を各 2 回行った。

表 1 加熱強度、塗布条件

加熱強度 [kW/m ²] (実測値)	塗布条件 [厚さ]
30、40、50	塗布無し
	耐寒品 [4mm]
	改良品 [2mm]

※厚さは重量計測により推定

(5) 塗布方法

木壁模型は、上部の高さが約 2m 位置に固定した。木壁模型から距離約 2m、高さ約 0.5m の位置から扇形ノズル (15L/min、0.3MPa) を用いて均等に塗布した（図 3）。

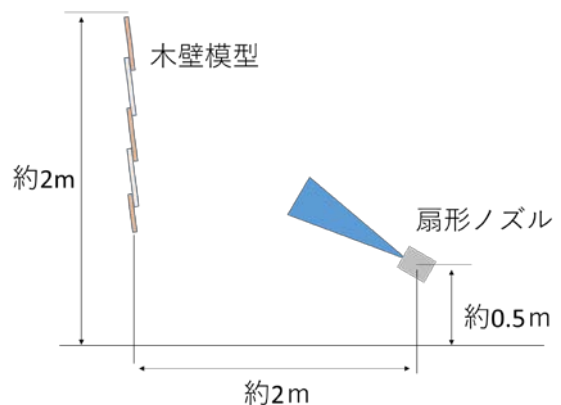


図 3 塗布状況図

(6) 実験手順 (図 2)

- ① 輻射パネルヒーター前に石膏ボードを設置し、輻射熱を遮断。
- ② 石膏ボード製の固定フレームに取り付けた木壁模型を規定位置に設置。
- ③ 輻射パネルヒーター前の石膏ボードを取り除き、加熱開始。裏面に火炎が噴出し、燃焼した時間を測定。

4. 実験結果

表 2 塗布条件、加熱強度別の裏面燃え抜け時間

加熱強度	塗布条件別の裏面燃え抜け時間		
	塗布無し	耐寒品 [4mm]	改良品 [2mm]
30kW/m ²	①7'00"	①14'00"	①29'40"
	②9'16"	②17'00"	②30'00"
	Ave. 8'08"	Ave.15'30"	Ave.29'50"
40kW/m ²	①5'50"	①12'50"	①14'40"
	②7'21"	②12'54"	②19'50"
	Ave. 6'35"	Ave.12'52"	Ave.17'15"
50kW/m ²	①5'27"	①11'00"	①13'18"
	②7'18"	②12'15"	②17'37"
	Ave. 6'22"	Ave.11'37"	Ave.15'27"

(1) 『耐寒品』と『改良品』の実験後の状況

- ・実験後の『耐寒品』の加熱面には、『耐寒品』はほとんど付着していなかった (図 4)。また、燃え抜けた箇所は、全条件で板の継ぎ目であった (図 4)。
- ・実験後の『改良品』の加熱面には、『改良品』の固形分が固い膜状に残っていた (図 5)。また、燃え抜けた箇所は、全条件で板の継ぎ目であった (図 5)。

(2) 塗布条件、加熱強度別の裏面燃え抜け時間

- ・『塗布無し』の裏面燃え抜け平均時間 (以下、「抜け平均時間」と称す) は、加熱強度 30kW/m²から 50kW/m²において 8 分から 6 分 30 秒程度であった。同じ加熱強度の条件において燃え抜け時間が数分程度ばらついた要因としては、板材等の差異 (加熱による燃え抜け箇所の板の微妙な反り方や割れの違いなど) によるものと考えられる。
- ・『耐寒品』の抜け平均時間は、加熱強度 30kW/m²から 50kW/m²において 15 分 30 秒から 11 分 30 秒程度となり、『塗布無し』に比べて 7 分 30 秒から 5 分程度遅延した。燃え抜け時間が遅延した要因は、高粘度液体の主成分である水の蒸発潜熱によるものと考えられる。また、燃え抜け時間がバラついた要因は、燃え抜けた箇所 (板の継ぎ目) の『耐寒品』の付着状態によるものと考えられる。
- ・『改良品』の抜け平均時間は、加熱強度 30kW/m²から 50kW/m²において 30 分から 15 分 30 秒程度となり、『塗布無し』と比べて 20 分から 9 分程度、『耐寒品』と比べて 14 分から 4 分程度遅延した。燃え抜け時間が遅延した要因は、『改良品』に含まれる水の蒸発潜熱と膜状に残った固形分による

輻射熱の遮断と考えられる。また、燃え抜け時間がバラついた要因は、燃え抜けた箇所 (板の継ぎ目) の『改良品』の付着状態によるものと考えられる。

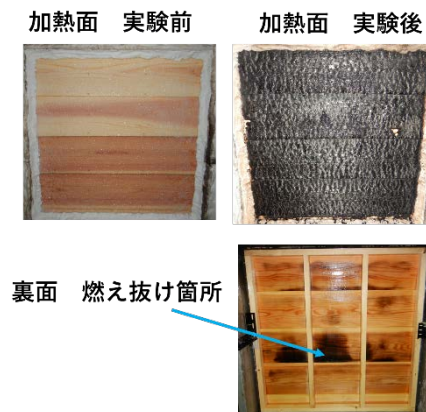


図 4 『耐寒品』の加熱前後の状態、燃え抜け箇所

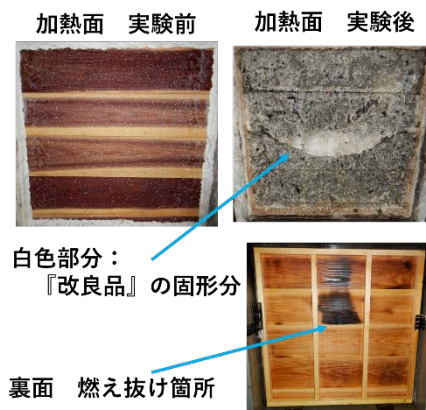


図 5 『改良品』の加熱前後の状態、燃え抜け箇所

5. まとめ

- 1) 『耐寒品』は、水の蒸発潜熱によって燃え抜けを『塗布無し』に比べて 5 分から 7 分 30 秒程度遅延できた。
- 2) 『改良品』は、加熱されると塗布した面に固い膜として残り、『耐寒品』以上の着火遅延効果があった。
- 3) 下見板張りの木壁では、全条件で板の継ぎ目から燃え抜けた。よって、実際の木壁では、継ぎ目の条件 (重ねの幅、板継ぎ目の隙間間隔) が燃え抜け時間に大きな影響を及ぼすと思われる。そして、試料 (『耐寒品』、『改良品』) を板の継ぎ目に多く付着させると燃え抜け時間を遅延させることができるとと思われる。

【謝辞】 本研究は東京理科大学火災安全研究拠点共同利用・共同研究の助成を受けた研究の成果である。

【参考文献】 1) 石郷岡、村田ほか：定放射熱を受ける杉板に対する高粘度液体の着火遅延効果：2019 年度 日本火災学会 研究発表概要集 pp. 276-277

【添付資料3】首里城正殿等の塗装が発火及び発熱に及ぼした影響について

1. はじめに

2019年10月に首里城で火災が発生し正殿、南殿、北殿等6棟が焼失した。筆者らは首里城正殿等で使用されていた木材の塗装が火災の延焼に及ぼす影響を調査するため、首里城と同じ仕様の塗装(※1)をした杉板(10cm×10cm×厚さ12mm)を用いてISO 5660-1:2002のコーンカロリメーターにより着火時間と発熱速度を測定した。

2. 塗装仕様

首里城の木材の塗装は、一般的な丹塗りに入っていない桐油が含まれる丹塗り(以下、「丹塗り」と略す)であることが大きな特徴である。丹塗りの塗装仕様と外観を表1、図1に示す。また、比較のために実験を行った一般的な漆塗りの塗装仕様と外観を表2、図2に示す。

表1 首里城の丹塗りの塗装仕様

材料	桐油, 荏油, 松脂 丹, 弁柄, 一酸化鉛
工法	①桐油等下塗り ②下塗り研ぎ ③桐油等中塗り ④中塗り研ぎ ⑤桐油等上塗り

※1 焼失した正殿の塗装は、再建時の報告書に重要文化財権現堂にならったと記されているので、塗装の仕様は、権現堂の修理工事報告書に記載されている仕様とした。

表2 一般的な漆塗りの塗装仕様

材料	生漆, 砥の粉 テレピン油, 弁柄
工法	①漆固め, 研ぎ ②さび下地付け, 研ぎ ③漆固め, 研ぎ ④弁柄中塗り, 研ぎ ⑤弁柄上塗り



図1 『丹塗り』外観



図2 『漆塗り』外観

3. コーンカロリメーターを用いた実験

3.1 実験内容

(1) 実験条件

表3の加熱強度、塗装条件における着火時間と発熱速度の計測を各2回行った。

表3 実験条件

加熱強度[kW/m ²]	塗装条件
①20, ②30, ③50	塗装無し(杉板のみ)
	丹塗り
	漆塗り

(2) 実験手順

- ①試験体上面に一定の加熱強度を受けるように赤外線放射ヒーターの出力を調整。
- ②各塗装条件の試験体を固定台に固定(図3左)。
- ③遮熱板を抜き、点火源を投入(電極間の放電)。杉板に着火するまで放電し続ける(図3右)。
- ④杉板の着火時間を計測し、消炎するまで確認した後、実験終了。

試料とヒーターの距離:25mm

※ヒーターの出力によって熱流束を調整するため、距離は固定

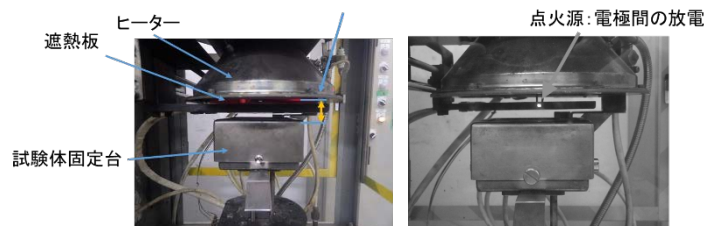


図3 点火直前の状態(左)と点火源投入中の状態(右)

3.2 実験結果

実験結果を表4に示す。

(1) 加熱強度別の着火時間と着火時の状況

- ・『塗装無し』は、加熱すると表面が炭化し、白煙が多く噴出し着火した。
- ・『丹塗り』は、加熱すると黒煙が生じ、丹塗りの表面が割れて着火した。黒煙が生じた要因としては、丹塗りの成分が熱分解したものと考えられる。実験後、加熱面に『丹塗り』の固形分が点在して残った。
- ・『漆塗り』は、加熱すると黒煙が生じ、漆塗りの表面が割れて着火した。黒煙が生じた要因としては、漆塗りの成分が熱分解したものと考えられる。実験後、加熱面全体に『漆塗り』の固形分が残っていた。
- ・20kW/m²の条件における平均着火時間は、『丹塗り』が最も早く(5分18秒)、次に『漆塗り』(8分43秒)、『塗装無し』(10分)の順であった。『丹塗り』は、『塗

装無し』に比べて着火時間が約5分短かった(表4)。

・30kW/m²の条件における平均着火時間は、『漆塗り』が最も早く(38秒),次に『丹塗り』(48秒),『塗装無し』(57秒)の順であった。20kW/m²に比べると各条件の着火時間の差は,10秒程度ずつで大差がなかった(表4)。

・50kW/m²の条件における平均着火時間は、『丹塗り』が最も早く(9秒),次に『漆塗り』と『塗装無し』(15秒)であった。20kW/m²,30kW/m²と比べると各条件の着火時間はいずれも大変短く,差も小さかった(表4)。

表4 各加熱強度, 塗装条件別の着火時間

加熱強度 [kW/m ²]	各塗装条件別の着火時間		
	塗装無し	丹塗り	漆塗り
20	①9'25"	①5'23"	①8'54"
	②10'34"	②5'12"	②8'32"
	Ave.10'0"	Ave.5'18"	Ave.8'43"
30	①1'5"	①57"	①37"
	②49"	②38"	②40"
	Ave.57"	Ave.48"	Ave.38"
50	①15"	①12"	①14"
	②15"	②5"	②16"
	Ave.15"	Ave.9"	Ave.15"

Ave. : 2回の平均着火時間

(2) 加熱強度 20kW/m²時の質量減少量

着火時間に大きな違いが生じた 20kW/m²時の質量減少量を図4に示す。

着火する前の時間当たりの質量減少量(2分以降のグラフ傾き)は,『丹塗り』(1.4kg/m²・min) > 『漆塗り』(1kg/m²・min) > 『塗装無し』(0.9 kg/m²・min)の順となった。よって,『丹塗り』は,他の条件に比べて燃料蒸気が多く噴出し,それによって着火時間が早くなった可能性があると考えられる。

(3) 発熱速度

加熱強度 20kW/m²と 50kW/m²における発熱速度の推移を図5, 6に示す。

加熱強度 20kW/m², 50kW/m²での発熱速度は,(20kW/m²のみ着火時間が異なり,発熱速度が上昇する時間は異なるが),塗装条件によらず最大発熱速度および時間経過における発熱速度の傾向はおおむね等しい。よって,着火後の燃焼状態は,塗装条件によらず,ほぼ等しいと考えられる。

4. まとめ

1) 『丹塗り』の 20kW/m²時の着火時間は,『塗装無し』に比べて5分短く,50kW/m²時の着火時間は,ほぼ等しい。よって,首里城火災の出火原因,火災状況は

定かではないが,火災の初期段階において,『丹塗り』は,『塗装無し』に比べて着火し易い傾向がある。しかし,火災最盛期のような加熱強度が大きい場合は,着火時間の差はほとんどないと考えられる。また,20kW/m²時の『丹塗り』は,他の条件に比べて燃料蒸気が多く噴出し,着火時間が早くなった可能性があると考えられる。

2) 『丹塗り』,『漆塗り』,『塗装無し』は着火後の燃焼速度の傾向がほぼ等しいことから,着火した後の燃え広がり,塗装の種類および塗装の有無によらずほぼ等しいと考えられる。

【謝辞】本研究は東京理科大学火災安全研究拠点共同利用・共同研究の助成を受けた研究の成果である。

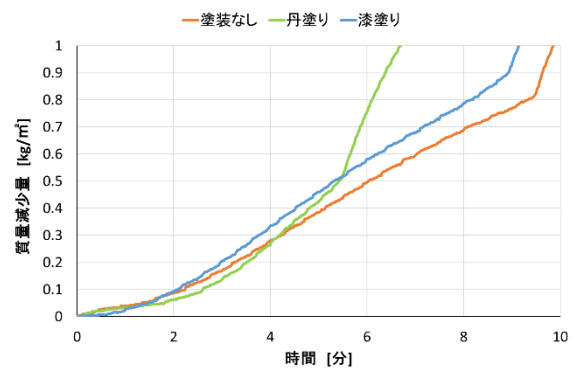


図4 20kW/m²時の質量減少量

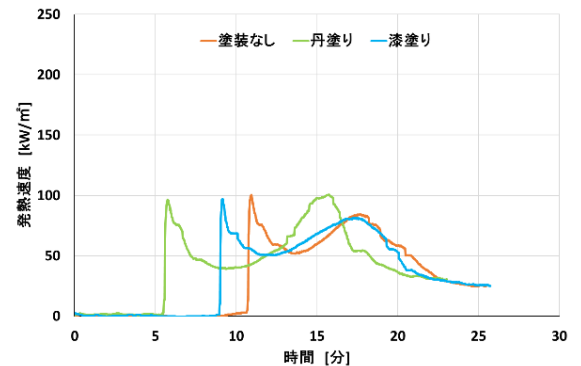


図5 20kW/m²時の発熱速度

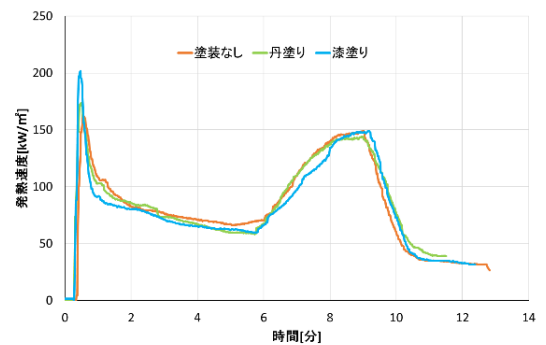


図6 50kW/m²時の発熱速度