

## 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	実施年度 2018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火性の低い素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ため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ことになるが、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炎性能を向上させることが必要である。

過去に小規模かつ簡易的であるが高粘度液体を板壁に付着させることで、防火性が向上することを実験で明らかにしたが、その着火性や発熱量などの燃焼特性の解明までには至っていない。本研究では実用化に向けて燃焼特性を明らかにし、防火性能を評価する。

#### 2. 利用施設及び利用日

- ・ コーンカロリメーター試験装置 (2018年12月3日～12月12日)
- ・ I C A L 試験装置 (2018年12月17日～12月21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。

【添付資料 1、2】を参照。

### 4. 今後の展望（今後の発展性、見込み等についても記述）

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への遮熱性能が向上することを明らかにしたが、実用的性能（準防火構造が求める 20 分の燃え抜け抑制）を満足できないことが確認できた。

今後は、実用的性能を得るために、高粘度液体に性能を向上させる混合物を加えて改良を行い、その効果を評価する。

また、本研究と並行して、消防防災科学技術推進制度※（2019～2020 年度実施）に採択されており、糸魚川市において、木造密集市街地における実用的放射装置による操作性の検証ができる。

期待する効果を得ることが確認できれば、木造家屋が密集する市街地等の延焼防止に非常に有効な手段となり得る。

### 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）

■2019 年度火災学会論文（2019 年 5 月発表予定）

- ・テーマ名：一定熱量を受ける杉板に対する高粘度液体の着火遅延効果
- ・著者：石郷岡将平，高橋佳彦，村田真志，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）

### 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)
試験体製作費	582,120	—	0	—	0
小計	582,120	小計	0	小計	0
東京理科大学 負担分 総計 582,120 円					

上記以外 能美防災株式会社 負担分 総計 249,480 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】

### 1. 一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（その 1）

#### 1. はじめに

伝統的建造物の外壁や軒裏（以下、外壁等と略す）は、遮炎性能が低いため、都市部では性能確保のための改修が必要となるが、重要伝統的建造物群保存地区等では改修によって景観を損なうことも考えられる。

本研究では、伝統的建造物の外壁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の調査および杉板の発熱速度を、ISO 5660-1：2002 のコーンカロリメーターを用いて測定することを目的とした。

#### 2. 高粘度液体の仕様

高粘度液体は水に無機物を 3.8% 分散させたものとし、耐寒仕様とするためエチレングリコールを 15% 添加した。

#### 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）とし、含水率は 10%～15%のものとした。

###### (2) 実験条件

下表の加熱強度、塗布条件における着火時間の計測を各 2 回行った。

表 1 実験条件

加熱強度 [kW/m <sup>2</sup> ]	塗布条件 [厚さ]
①25、②40、③50	塗布無し
	水 [0.2mm]
	高粘度液体 [3mm]
	高粘度液体 [6mm]

※塗布無しは水、高粘度液体を塗布していない板

※水は試験体から十分に垂れるように塗布

※塗布厚さは重量計測により推計

###### (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 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 1 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。



図 1 点火直前の状態(左)  
点火源投入中の状態(右)

##### 3.2 実験の結果

実験の結果を表 2、図 2、3 に示す。

表 2 各加熱強度、塗布条件における着火時間

加熱強度 [kW/m <sup>2</sup> ]	各塗布条件における着火時間 (2回平均 分' 秒")			
	塗布 無し	水 [0.2mm ]	高粘度液体	
			3 mm	6 mm
25	1' 45 "	1' 58 "	5' 06 "	10' 22"
40	0' 26 "	0' 19 "	3' 07 "	6' 45"
50	0' 10 "	0' 16 "	2' 29 "	5' 19"

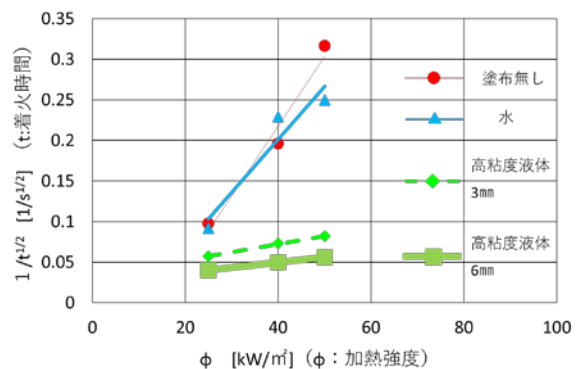


図 2 加熱強度と着火時間

###### (1) 着火時間

・着火時間の平方根の逆数と加熱強度は直線的な相関があり、他の加熱強度時の着火時間を予測できると考えられる（図 2、文献 1）。

・加熱強度が大きいほど着火時間が早く、50kW/m<sup>2</sup>の場合、『塗布無し』では、10 秒程度で着火した。

この結果は過去の知見（文献 2）と概ね等しい。

・『水』塗布時の着火時間は、『塗布無し』と概ね等しい。

・『高粘度液体』塗布時は、厚さが2倍になる(3mmから6mm)と着火時間はすべての加熱強度でほぼ2倍となった。また、加熱強度が2倍になると、着火時間がほぼ1/2になった。

・『高粘度液体』塗布時の着火時間は、以下に示す式1の計算式(高粘度液体の蒸発時間(式2)+塗布無しの杉板の着火時間)の結果と実験値が概ね等しくなった(図3)。したがって、高粘度液体による着火時間の遅延は、高粘度液体の蒸発潜熱分の熱量を受けるまでの時間であると考えられる。

$$t_{ig} = t_{ev} + t_{ce} \quad \dots \text{式1}$$

$$t_{ev} = [(\lambda_w \times M_w) + (M_w \times C_w \times \Delta T_w) + (\lambda_E \times M_E) + (M_E \times C_E \times \Delta T_E)] \div (\phi \times A) \quad \dots \text{式2}$$

2

※ただし、

$t_{ig}$ : 塗布ありの杉板の着火時間(s)、  
 $t_{ev}$ : 高粘度液体等の蒸発時間(s)、  
 $t_{ce}$ : 塗布無しの杉板の着火時間(s)、  
 $w$ : 水、 $E$ : エチレングリコール、  
 $\lambda$ : 蒸発潜熱[kJ/kg] ( $w$ : 2,257、 $E$ : 800)、  
 $M$ : 重量[kg]、 $C$ : 比熱[kJ/kg・K]、  
 $\Delta T$ : 温度変化量[K]、 $\phi$ : 加熱強度(kW/m<sup>2</sup>)、  
 $A$ : 加熱面積(m<sup>2</sup>)

▲ 水    ◆ 高粘度液体3mm    ■ 高粘度液体6mm

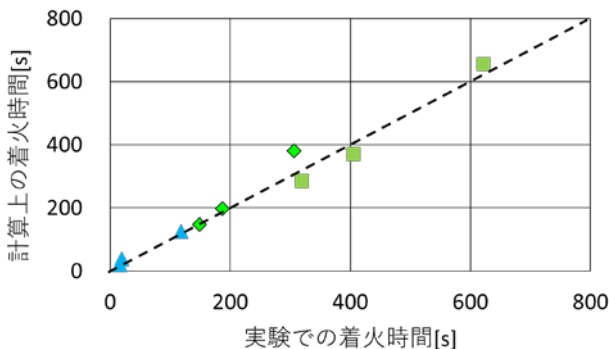


図3 各塗布条件における着火時間(計算値と実験値)

(2) 発熱速度と総発熱量

・『塗布無し』および『水』塗布時の発熱速度の傾向(図4、5、6)は、顕著な差が無い。着火後の杉板の状態は、次の通りである。①着火直後から炎を上げて一気に燃え広がる(発熱速度は著しく増加)。

②火炎が次第に小さくなる(発熱速度は徐々に低下)。これは試験体表面の燃料蒸気が減少したためと考える。③試験体に亀裂が発生し、未燃部が露出、再度一気に燃え広がる(発熱速度は再度増加)。これは、亀裂部から燃料蒸気が多く発生したためと考えられる。④火炎が再度小さくなる(実験終了)。

・加熱強度 50kW/m<sup>2</sup>における総発熱量(図7)を、塗布無し、高粘度液体 3mm、6mm塗布時と比較す

ると、発熱量が増加し始める時間は異なるが、グラフの傾きが概ね等しいことから、一旦着火した後の発熱速度は、塗布の有無で変わらないと考えられる。

4. まとめ

- (1) 着火時間の平方根の逆数と加熱強度は直線的な相関があり、他の加熱強度時の着火時間を予測できると考えられる。
- (2) 各塗布条件の着火時間は、蒸発潜熱量を火源の加熱強度で除すことで求めた計算上の着火時間と概ね等しかった。
- (3) 一旦着火した後の発熱速度は高粘度液体の塗布の有無による違いが無かった。

【参考文献】1) 火災便覧 第4版 pp. 161-162

2) 野秋、大宮ほか: 注水による水膜形成時の燃焼面積の低減を考慮した可燃物の発熱速度: 2012年日本建築学会環境系論文集 pp. 425-432

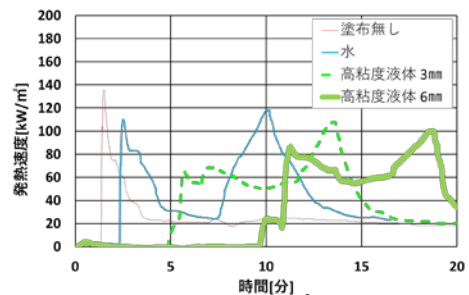


図4 加熱強度 25kW/m<sup>2</sup>の発熱速度

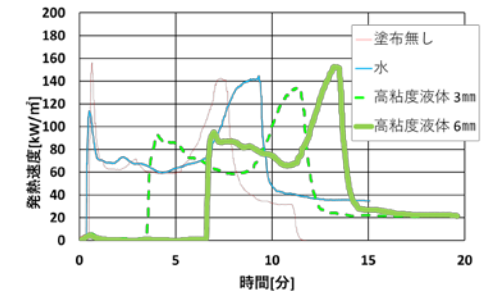


図5 加熱強度 40kW/m<sup>2</sup>の発熱速度

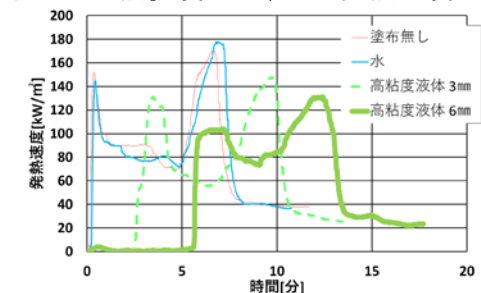


図6 加熱強度 50kW/m<sup>2</sup>の発熱速度

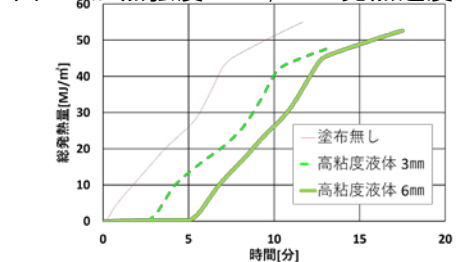


図7 加熱強度 50kW/m<sup>2</sup>の総発熱量

## 【添付資料 2】

### 2. 一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（その 2）

#### 1. はじめに

本研究では、ICAL 試験装置（輻射パネル）を用いて、下見板張りの木壁模型に対する高粘度液体の着火遅延効果を実験的に調査した。

#### 2. 高粘度液体の仕様

高粘度液体は水に無機物を 3.8% 分散させたものに、耐寒仕様とするためエチレングリコールを 15% 添加した。

#### 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（1 m × 1 m × 厚さ 12 mm）で、含水率を 10% ~ 15% に調整した（図 1）。

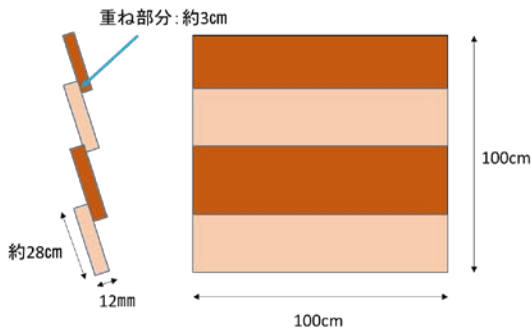


図 1 木壁模型 イメージ図

##### (2) 輻射パネル仕様

パネルヒーター寸法	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) 実験装置配置図

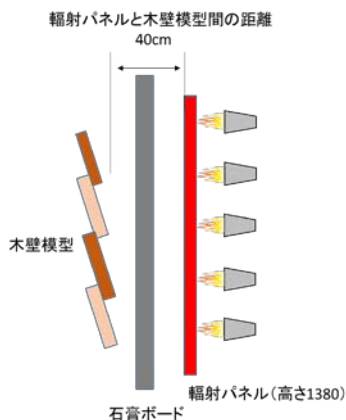


図 2 実験装置配置のイメージ図

##### (4) 加熱強度、塗布条件

下表の加熱強度、塗布条件における裏面への燃え抜け時間の計測を行った（表 1）。

表 1 加熱強度、塗布条件

加熱強度[kW/m <sup>2</sup> ] (実測値)	塗布条件[厚さ]
40	塗布無し
	水[0.2mm]
	高粘度液体[3mm]
	高粘度液体[5.5mm]

※塗布無しは水、高粘度液体を塗布していない板

※水は試験体から垂れるまで塗布

※厚さは重量計測により推定

##### (5) 塗布方法

模型から距離 2m、高さ 1.5m の位置から扇形ノズルにて 20L/min で均等に塗布（図 3）。

##### (6) 実験手順

- ① 輻射パネルヒーター前に石膏ボードを設置し、輻射熱を断熱。
- 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（図 2）
- 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。裏面から火炎が噴出し、燃焼した時間を測定。

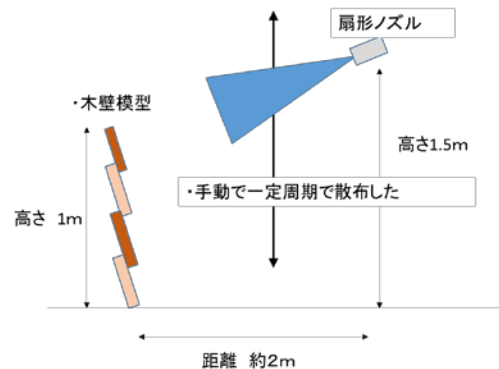


図 3 塗布状況のイメージ図

#### 4. 実験結果

各塗布条件の木壁模型の裏面の燃焼時間を以下に示す（表2）。

表2 各塗布条件での裏面の燃焼時間  
(加熱強度 40kW/m<sup>2</sup>)

塗布条件[厚さ]	裏面の燃焼時間
塗布無し	7分30秒
	8分30秒
水[0.2mm]	6分40秒
	8分30秒
高粘度液体[3mm]	9分30秒
	10分40秒
	11分30秒
高粘度液体[5.5mm]	11分

※板重ね部分の縁（図1）を以降、『縁』とする。

- ・今回の条件では、主に『縁』部分から裏面に燃焼していた（図4、図5）。
- ・水と塗布無しでは、水の塗布による裏面への燃焼の遅延効果に優位差は見えない。
- ・高粘度液体塗布による裏面への燃焼の遅延効果は、認められたが、バラつきがあり、その効果は1分～4分程度であった。

#### 5. 考察

- ・先述したコーンカロリメーター試験と同様に、木壁を模擬した模型においても、高粘度液体が付着することによる遅延効果が見られた。
- ・同じ塗布条件でも裏面の燃焼時間に1分～2分のバラつきが生じた要因や、高粘度液体の塗布厚さが厚い場合にコーンカロリメーター実験と同様の遅延効果が得られなかった要因として、①板材の加熱時の反りや収縮、②高粘度液体の付着状態のバラつき等による影響が考えられる。今後は、これらの要因の影響について確認を行いながら、評価を行う予定である。

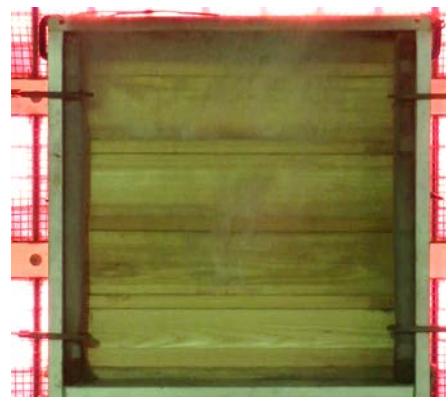


図4 裏面への燃焼直前の模型裏面の状態  
(高粘度液体 3mm)

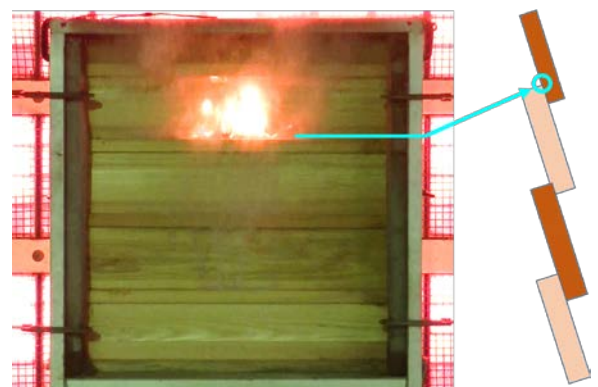


図5 裏面への燃焼直後の模型裏面の状態  
(高粘度液体 3mm)