

木密外壁材に塗布した高粘度液体による燃焼抑制性状と炭化形態保持性

DBI5244 根本 瑛司

1. はじめに

我が国は東日本大地震、熊本地震、北海道地震、そして最近起きた日本海側での地震などの様々な地震問題が多発している。今後の未知の地震に備えて耐震構造や防災訓練などの対策が執り行われている。その中で注目されているのが東京での地震時に起こる火災であり、老朽化した木造住宅が多いため火災が発生することが問題されている。延焼の防止に使われている高粘度液体を使用すれば、火災延焼防止に役に立つのではないかと考える。実験としては、杉、桧など外壁に使用する木材に対して、高粘性液体で処理した木材の質量変化や増加率、密度、そして延焼時での延焼状態の確認と有効性についての研究を行い、実用化を目指す。

2. 研究概要

2.1 研究の流れ(研究 1、2、3)

研究 1 では木密市街地調査での貫入強さ(N)や光度値(%)と表面強度(N)、水・高粘度液体の残存量を測定する。研究 2 は 7 種類の木材を 1.0cm³ の立方体を水と高粘度液体に 1 時間ごとに浸し、質量変化の測定を行う。研究 3 は無処理、高粘度処理(4%)フック式小試験体に K 熱電対を接触させ、固形燃焼点着火燃焼により燃焼温度を測定する。さらに 30 秒ごとの質量測定を繰り返し外観 50%程度減量時の質量変化を測定する。

2.2 新潟県糸魚川市での木密市街地の現場調査(研究 1)

(1) 木造密集地区における延焼被害

阪神・淡路大震災では延焼した火災がいくつも発生したが、その多くが神戸市の長田区に集中していた。神戸市で被災を受けたその他の区や隣接の芦屋市、西宮市でも、建築被害率や地震直後の出火率はほぼ同程度であり、火災の出火そのものは決して少なくなかったが、延焼被害は長田区などに比べてかなり小規模で済んでいる。図 1a は、神戸市内の被災地域各区と芦屋市、西宮市について、阪神・淡路大震災における平均火災規模と平均隣棟間隔との関係を示したものである。これを見ると、それぞれ右上がり、および右下がりの傾向が見られるが、延焼危険性の小さいように位置していることが分かる。また 1 月 21 日埼玉県熊谷市の能美防災株式会社にて 2019 年度消防防災科学技術推進制度によって高粘度液体の着火防止効果確認実験が(図 1b.c)が行われた。その結果、水で散布した 0.3mm の木版はガスバーナーを当ててから 1 分後に穴が空いた状態であった。これらを比較すると高粘度液体の方が水より着火時間が大幅に長くなり、その防止効果が非常に大きいことが確認できた。

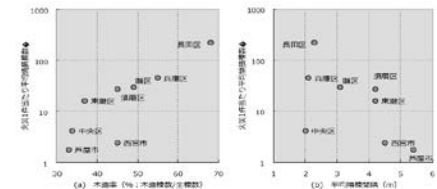
(2) 糸魚川での木密市街地の現場調査

2019 年 7 月 15 日、新潟県糸魚川市にて火災防止対策学会による現場調査を実施した。糸魚川市は、新潟県の最西端に位置し日本海に面した市である。その市内にて小泊とい

う地区では木造住宅の密集市街地が存在しており、地震時での火災延焼対策を立てるために現場調査を行った(図 2)。調査後に木造住宅の隔離距離が 1m 程度しかなく、火災延焼のリスクが高く、火災時に避難する時間が少なくなると考えられる。

(3) 小泊地区での木造住宅の外壁

小泊地区の木造住宅の外壁は自然物の古木の杉材での下見板になっている。この地区は潮風によって老朽化された外壁(図 2c)も存在している。しかし構造からみると火災のリスクが高い。また老朽化した木材表面も存在しているため火災延焼の影響力が大きい。



a)市区别に見た火災1件当たり平均焼損棟と平均木造率、平均隣棟間隔との関係¹⁾



b)放射様子



c)付着状況

図 1 延焼被害の事例と高粘度液体の付着実験

表 1 使用材料とその特性

研究 1	使用材料	・小泊地区での木材(新潟県糸魚川市) ・杉材(新材、古木材) ・その他の自然物の木材(新材、古木材) ・小泊地区(新潟県糸魚川市)、戸隠地区(長野県長野市)		
		材料名	試料かさ密度(g/cm ³)	硬さ評価 ³⁾
研究 2	広葉樹	桐(キリ)	0.29	柔らかい
		神代樺(シンダイケヤキ)	0.62	並
		椿(ツバキ)	0.81	硬い
		黄楊(ツゲ)	0.75	非常に硬い
		赤檜(アカガシ)	0.92	非常に硬い
	針葉樹	杉(スギ)	0.38	柔らかい
研究 3	使用材料	桧(ヒノキ)	0.41	並
		・杉材(新材、古木材)の上部分と下部分 ・解体された木造住宅の下見板		

備考)研究 1:高粘度液体含浸、吸水乾燥に関する研究

研究 2:木密市街地調査に関する研究

研究 3:分光反射率、衝撃弾性波速度比、高粘度液体燃焼抑制実験に関する研究

表 2 本研究における調査及び試験方法

項目	実験名	内容
研究 1	木密市街地調査 1	2019 年 7 月 15 日新潟県糸魚川市にて外壁表面の貫入強さ(N)を測定
	木密市街地調査 2	2019 年 11 月 6 日長野県長野市戸隠地区にて木造住宅の木板の光度値(%)と表面強度(N)、色差、水・高粘度の残存量を測定
研究 2	高粘度液体含浸試験	1.0cm ³ の立方体を作成 水・高粘度液体(水にシリカ系粘土鉱物を混ぜた物体)を含浸
	吸水乾燥試験	質量変化(g)を測定 吸水時間:1 時間、乾燥時間:1 週間
研究 3	分光反射率測定	新材、古木材の熱取得に関する赤外線吸収特性を評価
	衝撃弾性波速度比	新材、古木材の非破壊での硬さ値をHLD(最大 1000)で評価
	高粘度液体燃焼抑制実験	無処理、高粘度処理(4%)フック式小試験体に K 熱電対を接触させ、固形燃焼点着火燃焼により燃焼温度測定 30 秒ごとの質量測定を繰り返し、外観 50%程度減量時の質量変化を測定

(4) 微少貫入強さ計による外壁表面の圧縮強度

当地にて燃焼実験との関係性が高い表面の状態を調べるために貫入強さを測定した。図 4 の結果を見ると細い夏目での貫入強さが高く、太い夏目の貫入強さは細い夏目と比較して小さい。新材だと細い夏目より小さく、太い夏目よりごく僅かに小さいことが分析できる。この強度は水や高粘性液体の散布してからの状態変化に違いが出る可能性がある。

(5) 木造住宅の古い外壁の切り取り

木造住宅の外壁の下見板に使われた古木の木材の大きさは厚さ約 1~2 cm、幅約 15 cm の古木の杉版が約 2.5 cm 重なっている。図 2b の解体された木造住宅の下見板の古木材を用い、その木材を研究 3 の試験体として使用した。

(6) 各木材の分光反射率特性

長野県長野市の戸隠地区の木造住宅の下見板の分光反射率を反射分光計で測定を行い、図 3 に木造住宅の外壁表面の分光反射率を示す。新材と古木材を比較すると波長の形は同程度だが反射率の大きさに差があった。これは外見では同じ表面に見えても違いがある。分光反射率だけで新材古木材の見極めができるが検討したが、測定時の日射の状態などが影響するため色彩色差計などで新材古木材の見極めの可能性を検討した。

(7) 各木材の非破壊衝撃弾波速度比

図 3 に人工材、新材、古木材の表面にて硬度値をリバウンド式硬度計で測定した結果を示す。HLD 値は非破壊による衝撃弾性波速度比である。完全弾性体である場合、入射波と同じ反発速度が生じて、値が 780 となる。各木材を比較すると新材と古木材の硬度値の差が大きく、古木材が新材より硬度が低い。

2.3 各種木材の高粘性液体塗布による質量変化の分析
(研究 2)

図 6, 7 に各試験体の様子と実験期間と質量変化の関係を示す。水で 1・2 回目の含浸試験体の結果をみると全体とし

て高粘度液体でも 1・2 回目同様、0 時間後から 1 時間後では大きく高粘性液体を吸収しており、質量が大きくなっていることがわかる。水と高粘度液体との増加率を比べるとばらつきがあり、特に木の種類により、密度が小さいほど、吸収量の変化が大きく密度依存性があることが分かった。また 1 週間乾かせた全ての試験体を測定したところ 0 時間での質量とほぼ同じになり、高粘度でも水と同様に元に戻ることが分かった。

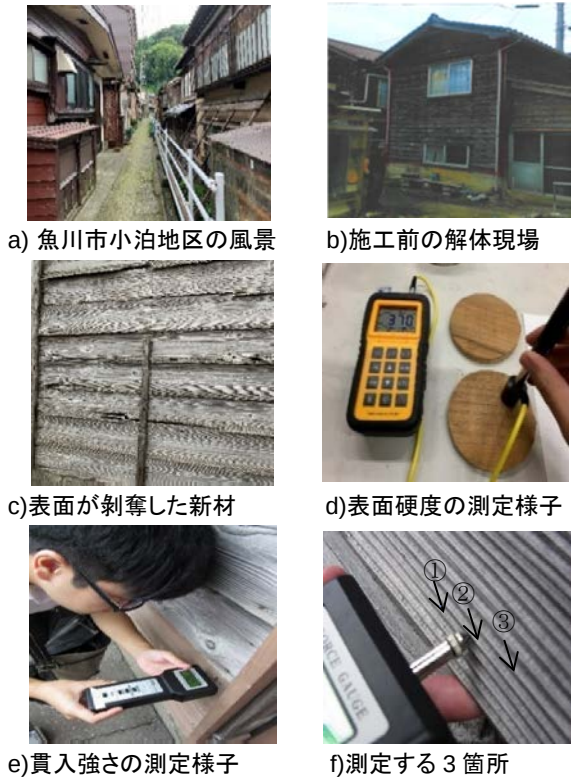


図 2 新潟県糸魚川市での現場調査の様子

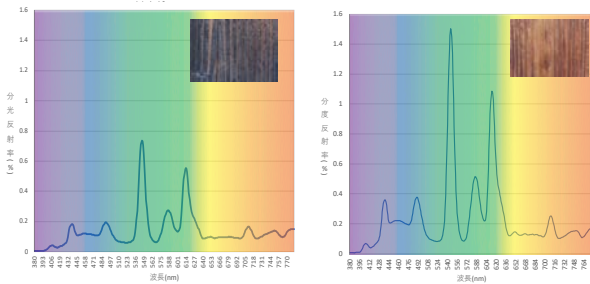


図 3 戸隠地区での外壁表面の分光反射率

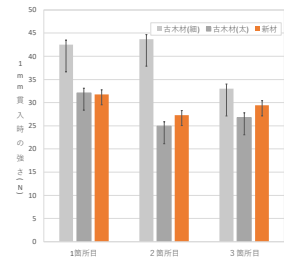


図 4 木材表面の貫入強さ

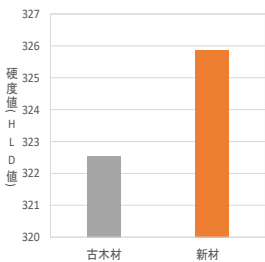


図 5 木材表面の硬度値

2.4 高粘性液体を塗布した燃焼抑制実験(研究3)

(1) 各木材の分光色差特性

図8に解体された木造住宅の新材と古木材の色差を分光測色器で測定した結果を示す。縦×横30cmに切断した各木材の表面の3つ区切りの計15ヶ所を測定したとする。その箇所の記号を①~⑮と表し、夏目の粗さが少ない上部分から①~⑤、⑥~⑩、⑪~⑮と3つに分ける。各木材を比較すると新材と古木材のLとa+b+値の色差は大きく、古木材は新材より全体数値が減少することが分かる。

(2) 各木材の高粘性液体の残存量特性

図9に新材、古木材の傾斜表面に高粘性液体を近距離(2.5cm、0.06N平均圧力)、遠距離(4.5cm、0.03N平均圧力)ごとに吹きかけ、10秒後、60秒後での残存量を示す。木材表面の粗さと角度の違いが年代ごとに違うことを分析する。結果は水だと減少の変化は変わらないが高粘度だと残存量が大きくなるため高粘性液体は密着性に優れていることが分かる。

(3) 各木材の燃焼速度特性

図10に前文で述べた燃焼実験から測定した着火曝露温度と累積燃焼温度の関係を示す。古木材が新材より速度が速く老朽化で燃えやすいが、高粘度液体を使用することで吸収が良いため燃え尽きる時間が長く確保でき、避難時間を稼ぐことが期待できる。

(4) 各木材の燃焼時形態保持性

図11に着火による燃焼後の質量変化を示す。図11cより残存率60%を基準にみると新材が古木材より着火時間が長くもつが、高粘度処理を行うことで図11a,bより着火時間が無処理より新材が2.7倍、古木材が4倍となっており、古木材が新材より大きいことが分かる。高粘度処理をみると古木材が新材より殆ど燃え尽きかけるが、残存率がほぼ同じ割合になっていく。図11dより無処理だと古木材が新材より着火時間が短いが高粘度処理を行うと大きくなっており、2つの木材とは同程度であることが分かった。つまり高粘度処理することで燃焼しても木材は短時間で燃え尽きにくくすることができる。



a) 切断作業された人工材

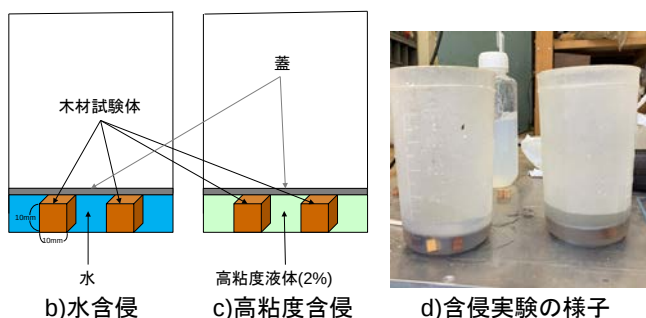
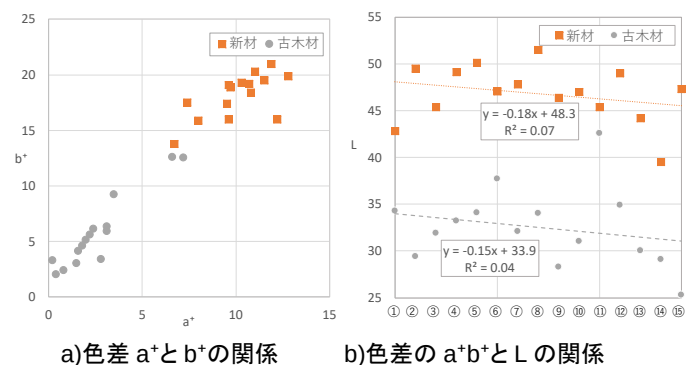
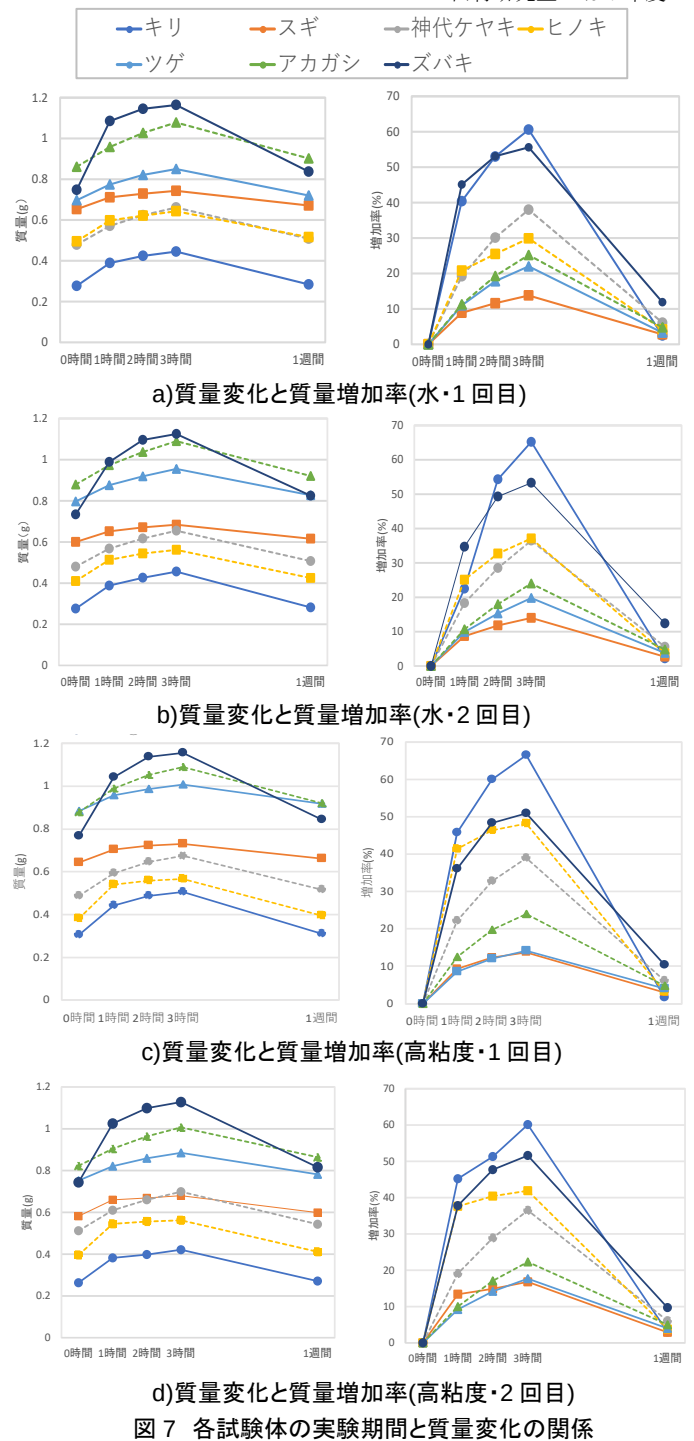


図6 高粘度液体含浸実験概念図



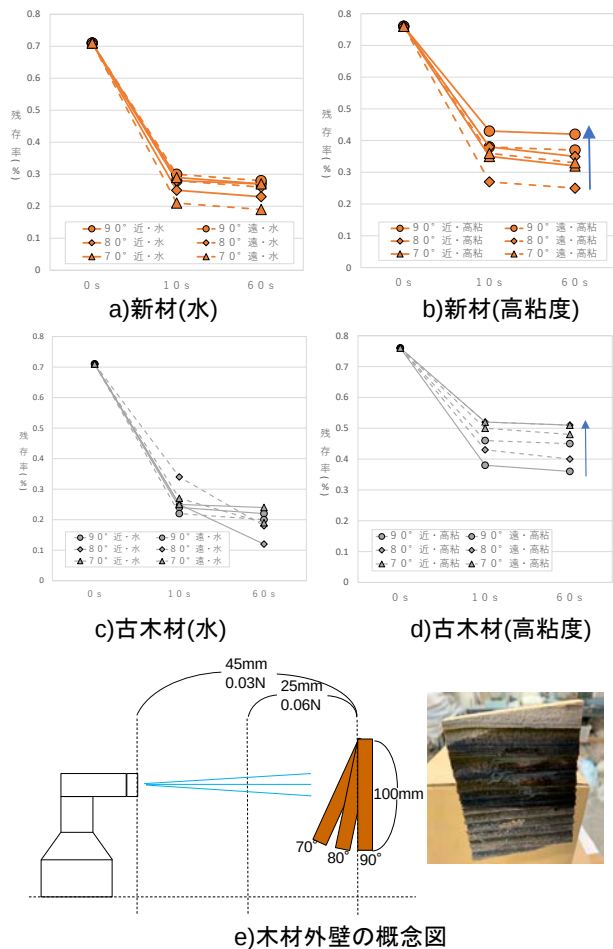


図 9 放水圧の違いによる外壁材の付着特性

3. まとめ

本研究にて木密市街地での調査や高粘度液体での含侵実験、燃焼抑制実験を中心に行った。その結果から読み取れる考察を以下に示す。

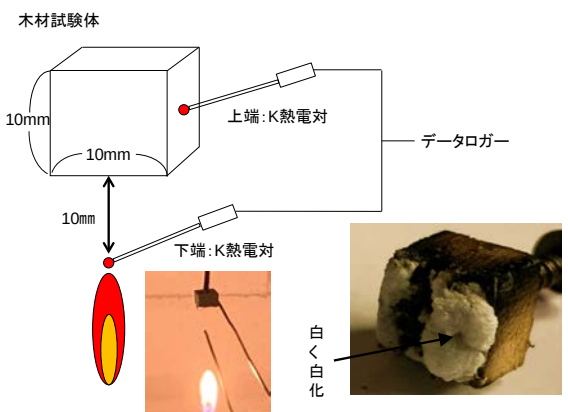
- 1) 新材でも古木材でも高粘度液体は水と同じように吸収されることができる
- 2) 古木材は高粘度液体を大きく吸収するため新材より温度上昇速度を抑えられ、着火時間を延ばせられる
- 3) 古木材では劣化によって新材より表面温度上昇速度が高いため燃え尽きてしまうが、高粘度液体を付着することで大幅に速度を遅めることができる

参考資料

- 1) それでも「木密」に住み続けたい！路地裏で安全に暮らすための防災まちづくりの極意、後藤ら
- 2) 延焼中の茅葺屋根に対する高粘性液体の延焼抑止効果 小清水ら、日本建築学会関東支部論文、2018
- 3) 木材博物館、建築用木材×硬さの評価、
<https://www.wood-museum.net> (2019,12,31 引用)

謝辞

本研究は 2019 年度消防庁研究補助制度の補助により、また工学院大学ブランディング研究の一部である。実験や調査にあたり能美防災関係各位、東京理科大関係各位に大変お世話になりました。



a) 表面の質量変化や残存率の燃焼実験概念図

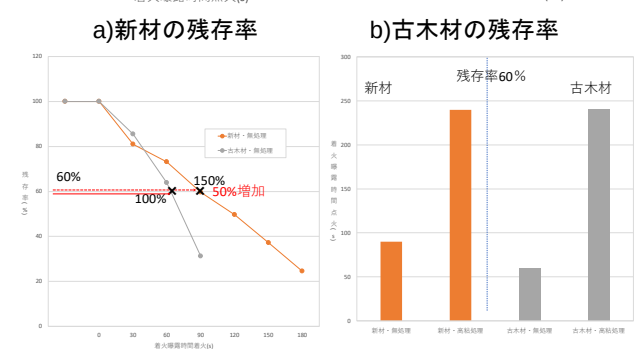
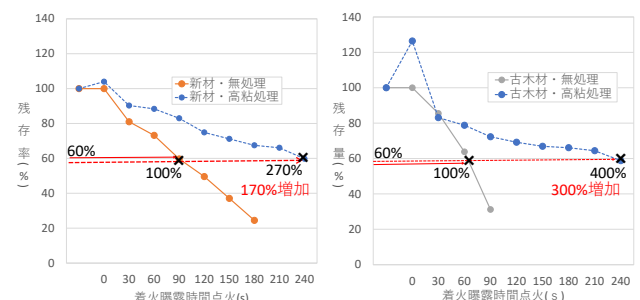
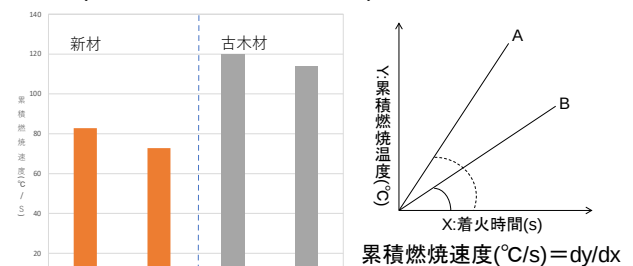
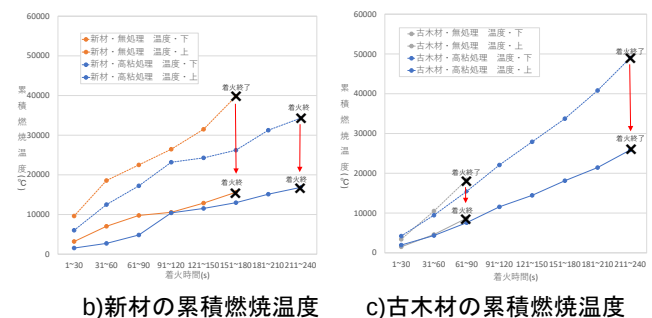


図 11 各木材での燃焼時間と残存率の関係