

漆喰仕上げ壁の長期耐用に影響する不燃性と意匠性の評価

DB15239 西澤 元希

1. はじめに

近年、日本の住宅内壁は価格や施工性の観点から乾式化が進み、合成樹脂を使用した内壁仕様が普及している。これにより室内空気環境に関わる社会問題も生じており、その改善性が求められている。その対策として、建物内壁における左官仕上げの需要拡大が考えられる。左官仕上げの塗り壁は天然素材を使用しているため環境、健康に優しいことで有名である。日本では大切な財産を守るために防火・防水に優れた漆喰仕上げの土壁が伝統技術として発達し、城郭、土蔵、民家などに用いられてきた。

本研究では、左官仕上げ壁の不燃性と意匠性について評価する。本研究により定量的データを提示することで、伝統技術の信頼性向上、需要拡大への貢献が期待できる。

2. 漆喰壁材料の各試験体の概要

2. 1 各試験体の選定方法

表 1 に使用材料の詳細を示す。本研究で比較する発熱性試験体は東京都左官職組合連合会監修のもと、下地材料 2 種類・下地塗材 4 種類・仕上材料 3 種類の組み合わせから全 12 種選定した。各材料とそれに伴う工法による不燃性能の優劣を把握する。本研究では ISO 5660-1 に準拠したコーンカロリメータによる発熱性試験を行うため 100mm×100mm に切断した試験体を用いる。

意匠性評価試験体は石膏平ボードに薄塗既調合石膏プラスターを塗った下地を用い、白色の磨きはノロ、白以外の色の磨きはノロにプラスター用着色剤を混入したものを用いる。

2. 2 試験体の作製概要

本研究で使用する試験体は左官技能者の手により作製する。コーンカロリメータによる発熱性試験は有機質量が結果に大きく影響すると考えられるため、使用材料の配合量を把握し、製造方法における要因を探る。

3. 漆喰仕上げ壁の不燃性評価

3. 1 使用材料

表 3 に不燃性評価試験体の概要を示す。現場調合は JASS 15、既調合材料はメーカーの指定する水量とし、指定のないものは作業性を重視した混水量とした。

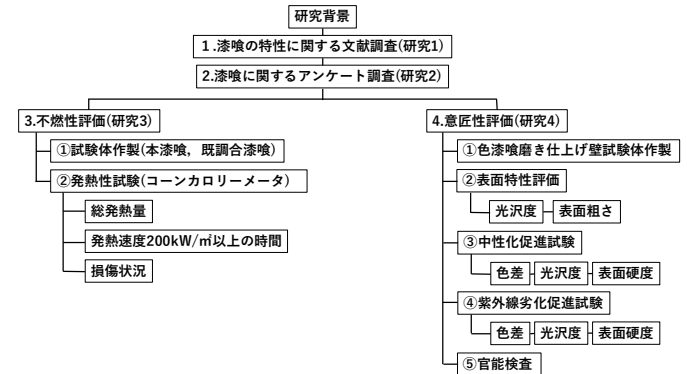


図 1 研究の流れ

表 1 使用材料

下地材料	特徴
A:石膏ボード (GB・R)12.5mm	内壁の左官下地に最も多く使用されている。公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編)平成 25 年版のせつこうプラスター下地は、ラスボード下地とせつこう平ボードが追加された。
B:石膏ラスボード (GB・L)	せつこうラスボードと YN プラスターの繊維壁が、ラスアンドプラスターとして昭和戦後に多くの需要を得ていた。
下塗り材料	特徴
b:乾燥型下塗材	作業性が良いことから、急速に需要を伸ばしている。建材メーカーの上塗り材料と OEM で製造してセットで販売している。
c:薄塗り用既調合石膏プラスター	α系とβ系石膏があり、本研究ではコンクリート下地にも適用可能なα系を使用する。表層がβ系石膏より緻密となる。
y:現場調合石膏プラスター	ラスボードとともに長く使用され続けていた。近年の薄塗化により需要が減少している。骨材の調合・水量・水の品質と使用は経験を要すが、内壁下地材料の基本である。
d:厚塗り用既調合石膏プラスター	現場調合石膏プラスターに軽量骨材を配合して、既調合化したものである。厚付けが可能で作業性が良い。硬化時間や品質が安定して管理しやすい。
漆喰材料	特徴
粉角又漆喰 2mm	昭和 30 年に海草類を加工して粉末にしたものが開発された。煮沸の必要がなく、現場で水を加えるだけで糊液となる。工場生産のため、天然海草より品質が安定しているのが利点である。海藻糊漆喰より保水性は劣る。
海藻糊漆喰 2mm	伝統建築の復元には欠かせないものである。試験体作成者である東京都左官職組合連合会には、伝統建築に携わる技術者が多く在籍している。
既調合漆喰 2mm	昭和 56 年頃から開発・販売されてきた。現在既調合漆喰を選択する機会が多い。塩焼き消石灰に麻苳と粉角又が配合されている。
砂漆喰 2mm	上付け漆喰材料と同材料を使用した。関東地方では、上塗り漆喰の下地調整に使用された。モルタル下地では砂漆喰の下付けは不可欠である。

3. 2 発熱性試験概要

ISO 5660-1 に準拠した発熱性試験(コーンカロリメータ試験)を行う。表 4 に建築基準法における発熱性試験での不燃材料の要求事項を示す。本試験は材料をコーンヒータで加熱することにより発生したガスをスパーク点火器で点火・燃焼させ、その燃焼ガスの酸素濃度を測定することによって、発熱量および発熱速度などを測る試験である。1 回の試験で用いる試験片の大きさは、100mm×100mm、厚さ 50mm 以内である。1 種類の試験体につき 3 体ずつ測定し、その平均値を用いる。

3. 3 発熱性試験の結果と考察

- ①図 8 に各試験体の加熱開始後 20 分間の総発熱量のグラフを示す。いずれも加熱開始後 20 分間の総発熱量が 8 MJ/m²以下であった。
- ②いずれも加熱開始後 20 分間、最高発熱速度が 200kW/m²を超える時間は 0 秒であった。
- ③いずれも加熱開始後 20 分間、裏面まで貫通する防火上有害な亀裂及び穴は発生しなかった。

4. 色漆喰磨き仕上げ壁表面のテクスチャー評価

4. 1 使用材料

本章では、左官技能者により作製された色漆喰磨き仕上げ壁試験体を用いる。大きさは 250mm×400mm、色は青赤黒白の 4 色を用いて測定を行った。

4. 2 テクスチャー評価の概要

色漆喰磨き仕上げ壁試験体の表面粗さと光沢度の関係を調査する。光沢度が大きい部分とそうでない部分の表面粗さをそれぞれ測定する。

4. 3 光沢度の評価

光沢度とは表面に光を当てたときの反射の程度を表す量であり、測定部分での反射光の強さと光沢標準板からの反射光の強さの比で決められている。JIS Z 8741 において、屈折率 1.567 のガラス板表面の光沢度を光沢の基準として 100 と定められている。

一般的に高光沢のものは、斜めから見るとより真上から見た方が光沢の違いが分かりやすくなる。今回使用する光沢計では、60°と 20°の 2 系統の光学系を採用しているため、広範囲に置いて目で見た違いを測定値の差で表すことができる。

4. 4 表面粗さの測定

ISO1997 に準拠し、算術平均粗さによって評価する。算術平均粗さとは測定機で測定した粗さ曲線の一部を基準長さで抜き出し、その区間の凹凸の状態を平均値で表したものである。これにより、1 つの突出したキズ等の影響を受けにくく安定した結果が得られる。

表 2 実験項目と方法

項目		方法
文献調査、		仕上げ材に関する論文、書籍
アンケート調査		対象：学生，一般の方 内容：左官材料の認知度
不燃性評価	試験体作製	下地材 2 種，下塗材 4 種，仕上材 3 種で左官職人の手により作製
	発熱性試験	コーンカロリメータによる小片試験(ISO 5660-1)
意匠性評価	試験体作製	ノロを用いて左官職人の手で作製 ノロ：既調合漆喰から繊維質を除いた
	テクスチャー評価	小型表面粗さ測定機と光沢計により、算術表面粗 $Ra(\mu m)$ さと $20^{\circ}60^{\circ}$ 光沢度 (%) の関係を測定
	中性化試験	中性化促進機(温度:20°湿度 60% CO ₂ 濃度 5.0%)で 1 ヶ月半中性化後、色差計と硬度計を用い変化を測定
	紫外線劣化試験	紫外線ランプ(UV-A:365nm) 時間:75m.90m.79m.51m.44m 照射後、色差計と硬度計で変化を測定

表 3 不燃性評価試験体

下地材料	下地塗材	仕上げ材料	仕上げ仕様	記号	有機質量(g/m ²)
石膏平ボード	乾燥型下塗材	現場調合漆喰(粉角又)	砂漆喰+漆喰 4mm	Ab3-4	95
		現場調合漆喰(海藻糊)	砂漆喰+漆喰 4mm	Ab4-4	95
		既調合漆喰	砂漆喰+漆喰 4mm	Ab5-4	41
	薄塗 既調合石膏 プラスター	現場調合漆喰(粉角又)	砂漆喰+漆喰 4mm	Ac3-4	95
		現場調合漆喰(海藻糊)	砂漆喰+漆喰 4mm	Ac4-4	95
		既調合漆喰	砂漆喰+漆喰 4mm	Ac5-4	41
石膏ラスボード	現場調合石膏 プラスター	現場調合漆喰(粉角又)	砂漆喰+漆喰 4mm	By3-4	95
		現場調合漆喰(海藻糊)	砂漆喰+漆喰 4mm	By4-4	95
		既調合漆喰	砂漆喰+漆喰 4mm	By5-4	41
	厚塗 既調合石膏 プラスター	現場調合漆喰(粉角又)	砂漆喰+漆喰 4mm	Bd3-4	95
		現場調合漆喰(海藻糊)	砂漆喰+漆喰 4mm	Bd4-4	95
		既調合漆喰	砂漆喰+漆喰 4mm	Bd5-4	41

表 4 不燃材料の要求事項

判定基準	内容
①	加熱開始後 20 分間の総発熱量が 8 MJ/m ² であること
②	加熱開始後 20 分間、最高発熱速度が 10 秒以上継続して 200kW/m ² を超えない
③	加熱開始後 20 分間、裏面まで貫通する防火上有害な亀裂及び穴がないこと

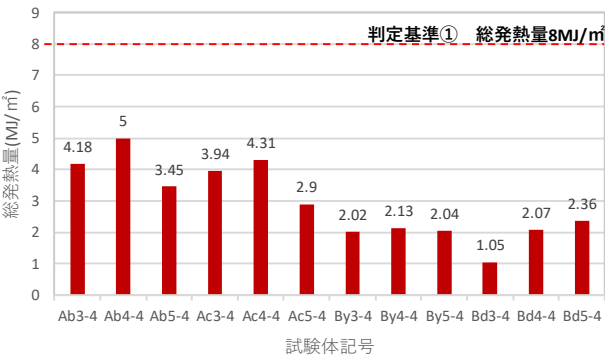


図 2 各試験体の 20 分間の総発熱量(MJ/m²)

	加熱前 表面	試験後 表面	試験後 裏面
Ab3-4			
Ab4-4			

図 3 発熱性試験前後の表面、裏面

4. 5 テクスチャー評価の結果と考察

光沢計により測定した値が大きければ算術平均粗さの値は小さくなり、光沢の値が小さいほど算術平均粗さの値は大きい傾向が見られた。このことから表面粗さが少ない、つまりより滑らかに磨かれた壁表面は高光沢に仕上がりが意匠性が改善する言える。

5. 色漆喰磨き仕上げ壁試験体の中性化による劣化

5. 1 中性化試験の目的と方法

左官材料はアルカリ性であるが、経年劣化により表面から中性化が始まる。本章では色漆喰磨き仕上げ壁のテクスチャー(色差・光沢度・硬度)が経年劣化により変化するかを調査する。中性化後でも意匠性を害することがないかを検証する。中性化は中性化促進試験機により行う。テクスチャーの各測定は4章と同様の方法により行う。

5. 2 使用材料

今回の試験では100mm×100mmの色漆喰磨き仕上げ壁試験体の裏面及び側面をアルミテープで覆い、通常の壁と同様に表面のみ空気に触れるようにした。

5. 3 中性化による各試験の結果と考察

今回試験体を温度 20°, 湿度 60%, CO₂濃度 5%の中性化促進機に1ヶ月半入れた。これは通常だと10~15年の経年に相当する。今回は1ヶ月半という短い期間での試験であったため、色落ちやくすみ、硬度の低下などの劣化は見られなかった。このことから少なくとも10~15年は色漆喰磨き仕上げ本来の色彩が持続することがわかった。

6. 色漆喰磨き仕上げ壁試験体の紫外線劣化

6. 1 紫外線劣化試験の目的と方法

漆喰は紫外線などによる劣化が起こりにくい優れた自然素材であるが、色粉を加えた色漆喰では紫外線照射による色落ちやくすみなどの意匠性を害する変化が見られないかを調査する。今回はUV-Aによる劣化を調査する。地表に降り注ぐ紫外線の9割がUV-Aであり、長波長であるため窓ガラスなども透過し室内まで到達する。本研究では暗室にて強力長波長UVランプを試験体に照射する促進試験を行った。紫外線量は国立環境研究所つくば局で観測されたデータをもとに決定した。

6. 2 紫外線照射による各試験の結果と考察

今回照射した紫外線量は2018年夏季(6月~10月)のUV-Aに相当する量であり、月ごとの紫外線量で測定を行った。その結果、色彩の劣化は見られなかった。硬度については若干の低下が見られた。ノロに色粉を混入して磨き上げる工法でも、紫外線劣化しにくいという品質を守ることができた。

表5 意匠性評価試験の使用材料

下地材料	下塗材	上塗り	顔料	色
石膏平 ボード	薄塗既調合 石膏プラスター	既調合 漆喰ノロ	プラスター用着色剤	青
			プラスター用着色剤	赤
			プラスター用着色剤	黒
			—	白

表6 色漆喰磨き試験体の光沢度・表面粗さ結果

	光沢度	(20°)	(60°)	算術平均粗さ Ra(μm)
青	高光沢	11	45	0.367
	低光沢	1	6	1.426
赤	高光沢	1	9	0.72
	低光沢	0	2	1.183
黒	高光沢	1	23	0.606
	低光沢	0	2	1.215
白	高光沢	3	27	0.491
	低光沢	1	5	1.875

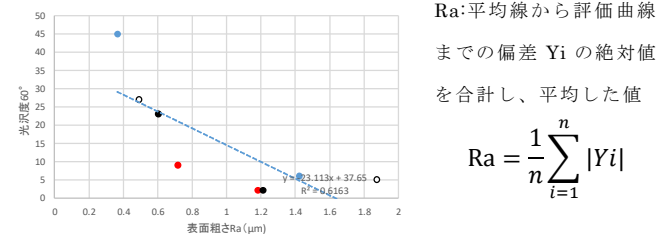


図4 色漆喰磨き試験体の光沢度・表面粗さの相関

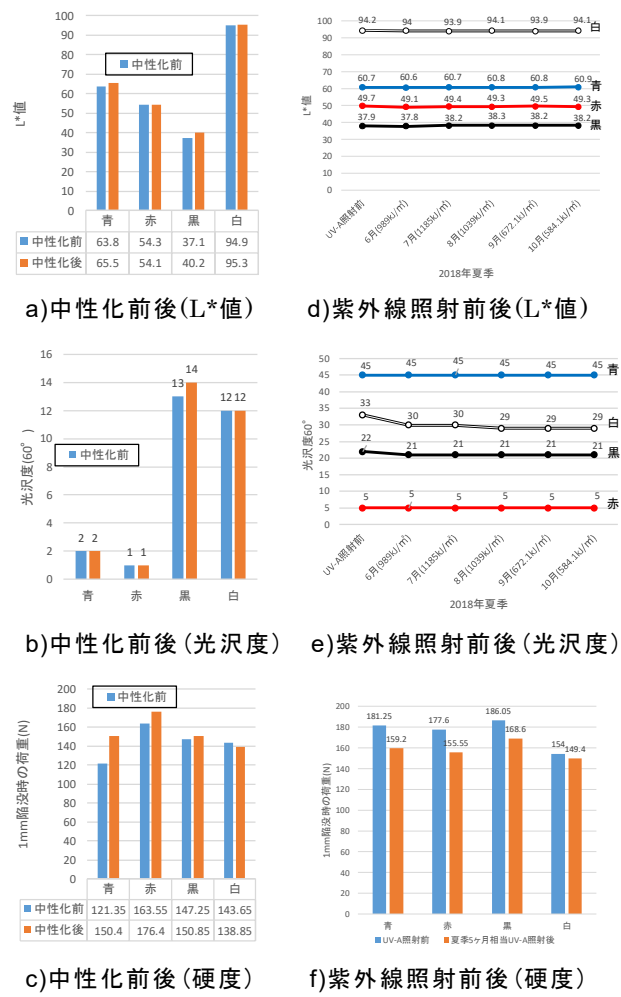


図5 長期耐用を想定した表面意匠要因の変化 (左：中性化 右：紫外線劣化)

7. 色漆喰磨き仕上げ壁試験体の官能検査(印象評価)

7. 1 官能検査の目的と方法

色漆喰磨き仕上げ壁に対し、人間が感じる快適感や不快感などの心理的、生理的な反応の程度を評価する。

試料全体の印象を物理、感覚、趣向の3指標の各項目について5段階の判断範疇（ない—ある）で度数分布と平均値により評価する。試験体寸法は縦横の長さの比が最も美しいとされる黄金比を用いて、250mm×400mmとした。表5に官能検査の実施環境と水準を示す。

7. 2 官能検査の結果と考察

L*値が大きくなると人は明るく感じるという傾向が見られた。L*値と光沢度が大きい青、白に対して、人は清潔感を感じることがわかった。また、人は清潔感を感じるものに対し、心地良さや好ましさをを感じる傾向がある。

8. まとめ

漆喰仕上げ壁に関し、以下の知見が得られた。

- 1) 現場調合漆喰と既調合漆喰では有機質含有量の違いから発熱量に差はあるが、いずれも不燃性材料の判定基準に適合する。また、施工過程における材料の混練作業や饅仕上げの熟練度における人為的なバラツキを考慮し、判定基準の1割減にあたる7.2MJ/m²の発熱量を上限としても、その値を超えることはなかった。
- 2) 漆喰の磨き仕上げは表面が粗いほど光沢度が下がる。つまり表面を平滑にするほど光沢度が上昇し、意匠性も改善する。
- 3) 色漆喰の磨き仕上げ壁は紫外線に強く経年劣化しにくいいため、長期的に意匠性を保つことができる。
- 4) 人間の感覚では、光沢度が高いものやL*値の高い色彩を清潔だと捉えやすく、意匠的に好まれる傾向がある。

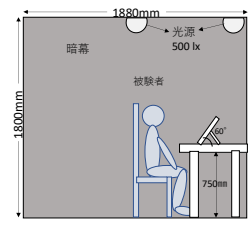
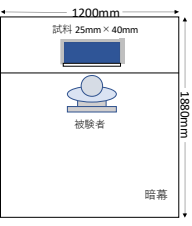
参考文献

- 1) 田村,中田,牧野:各種内装左官仕上げ壁の調湿性能の測定・比較,日本建築学会関東支部研究報告集I,その1~5, 2018年3月
- 2) 沢辺大輔:建材フォーラム,既調合しっくい石膏ボード下地における不燃材料認定,平成30年6月14日

謝辞

本研究は工学院大学と東京都左官職組合連合会の共同研究の一部である。発熱性試験においては、吉野石膏株式会社技術研究所各位より助力を賜った。意匠性評価試体の作製においては、株式会社あじま左官工芸各位、有限会社大道左官工業各位より助力を賜った。また本研究の一部は工学院大学 ISDC プログラム(株式会社セブンアンドアイクリエイトリック)による。

表7 官能検査の実施環境と水準

実施環境と水準		
場所	官能検査用暗室	
		
試験体データ	青	L*=60.7, a=+5.8, b=-41.5 光沢度 20° =7, 60° =37
	赤	L*=48.9, a=+31.3, b=+13.6 光沢度 20° =0, 60° =4
	黒	L*=37.2, a=-0.7, b=-3.7 光沢度 20° =0, 60° =11
	白	L*=93.6, a=+0.8, b=+4.7 光沢度 20° =3, 60° =16
照度	色比較用 D65 蛍光灯	
人数	30名	
時間	約5分	
項目	物理 [滑らか感,清潔感,ツヤ感,明るさ] 感覚 [落ち着き,暖かみ,高級感,技巧さ] 趣向 [心地良さ,深み,好ましさ,古風さ]	

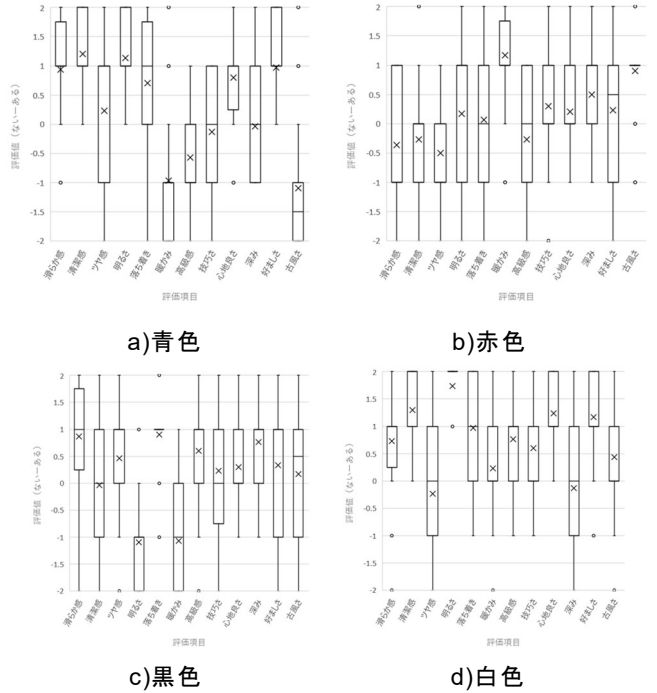
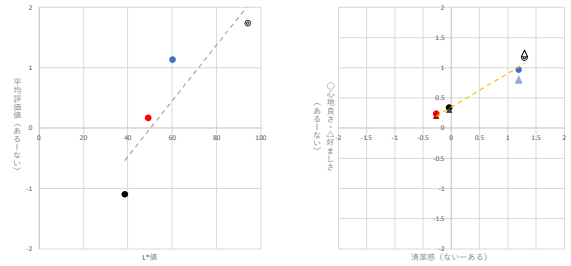


図6 色漆喰磨き仕上げ官能検査の結果(箱ひげ図)



a)L*値—明るさ b)清潔感—○心地良さ/△好ましさ
図7 色漆喰磨き仕上げ官能検査の結果(相関)