

建設副産物であるケイ酸カルシウム系粉体を用いた左官仕上げ漆喰の室内空気質改善性の評価

DB16251 永田 怜央

1. はじめに

現在、仕上げ内装材としてクロスが主流として使用されている場合が多いが、ホルムアルデヒドによるハウスシック症候群などの問題から再び左官仕上げ材に注目が寄せられている。左官仕上げ材は天然素材を使用しているので環境に優れ、健康にも優しいことで有名でありホルムアルデヒドが発生せず、調湿効果、消臭、抗菌効果が期待できる。しかし、施工者の減少などから価格がやや高価であるということから、湿式工事は全体の建築工事の1%前後であり大半は乾式工事である。一方、乾式材料切削時に粉末が発生しており粉末は廃棄されていることが課題でもある。特にALC板は多く利用されているが、トバモライトやゾノトライトの結晶を含んだ粉体Ca(OH)₂の親和性があり、左官仕上げ湿式材料として用いることが期待できる。以上を踏まえ、本研究では建設副産物であるケイ酸カルシウム系粉体を利用とした左官仕上げ漆喰のVOC、調湿、臭い、を各種試験¹⁾により数値化をはかり、空気質改善性の評価を比較²⁾³⁾する。また、ALC系ケイカル板粉体を使用した左官仕上げ漆喰を中心に試験の比較対象として水酸化カルシウムを主成分とした漆喰と珪藻土を使用する。

本研究を通して空気質改善性能が比較左官仕上げ湿式材と同等又はそれ以上の性能であった場合、ケイ酸カルシウム系粉体の廃棄物の抑制と新たな湿式材料の利用につなげることが期待出来る。

図1に研究フローを示す。研究1では原材料の入手行程と製造過程による発生粉体を抽出し分析を行う。研究2では左官仕上げ漆喰の作成を行う。作成時にひび割れが発生していると性能が正確に発揮されない為、フレッシュ性状とひび割れ性能を確認する。確認後、ひび割れが発生していなかった場合、研究3の左官仕上げ漆喰の試験調査を限定的に行い、調湿、VOC除去、臭い除去試験を行い空気質改善性能の測定をする。

2. 建設副産物利用の概要（研究1）

2.1 GSH系成分比較による考察

表1ではケイ石灰成分比較、ゾノトライトとトバモライトの違いを示す。押出成形セメント板やALC板からも切削時にゾノトライトに類似するトバモライトの粉体が多く発生する。2つの結晶は分子的に類似しているおり、ゾノトライトはトバモライトより水分子の組成比

が少なく物質的に強固で安定していることが想定され高品位であるため、今後、トバモライト系より、多くの利用が期待される。

このようなことから本研究ではトバモライト粉体ではなくゾノトライト板から発生する粉体を左官仕上げ漆喰（以下ゾノトライト漆喰）として用いることとした。

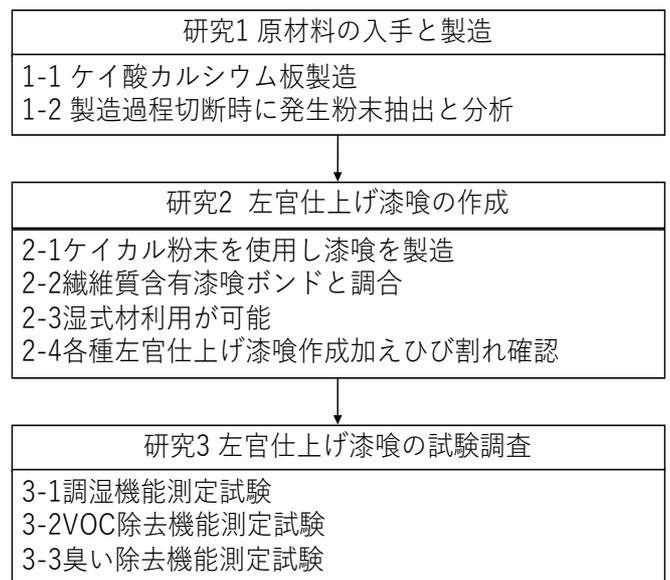
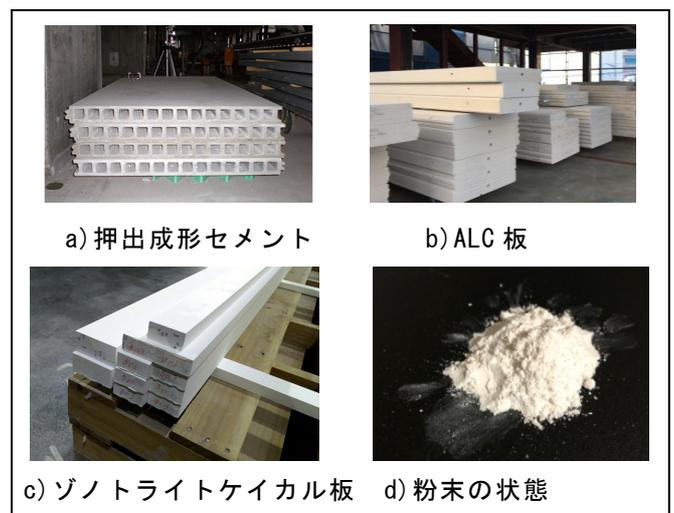


図1 研究フロー

表1 各種ケイ酸カルシウム系粉体原材料とGSH系成分（研究1）



分類	物質名	組成比			示性式	結晶の形
		CaO	SiO ₂	H ₂ O		
ケイ石灰グループ	Xonotlite	6	6	1	Ca ₆ (Si ₆ O ₁₇)(OH) ₂	繊維状
	1.1nm Tobermorite	5	6	5	Ca ₅ (Si ₆ O ₁₈)H ₂ O	短冊状

2.2 ケイカル粉末ゾノトライト漆喰の期待される性能

この粉体は微細な多孔質であるため吸放出に優れ、アルカリ性であり殺菌作用が期待されることから、防カビ、消臭効果をなど、空気質の改善が期待できる。ホルムアルデヒドを放出しない為、ハウスシック症候群を引き起こす可能性も低い。

また、ケイ酸カルシウムが無機物であるため不燃性であり、耐火性も期待できる為、住宅、非住宅、様々な用途で使用することができるということにも本研究で考察している。なお、漆喰試験体の品質を保つため、下地材、下塗り材の最も適したものを検証する。

表 2 ケイカル粉末ゾノトライト漆喰の使用用途と施工用途毎の使用材料と仕上げ仕様を示す。

表 2 施工用途ごとの使用材料と仕上げ仕様（研究 1）

番号	施工場所	下地材	下塗り材	仕上げ材	仕上げ仕様(厚さ)	記号	
1	住宅 非住宅	石膏平 ボード	なし	本漆喰	2 ~ 3 mm	Aa	
2				珪藻土		Ba	
3				ケイカル粉末 ゾノトライト 漆喰		Za	
4			薄塗り 既調合 下塗り材	薄塗り 既調合 下塗り材	本漆喰	2 ~ 3 mm	Ab
5					珪藻土		Bb
6					ケイカル粉末 ゾノトライト 漆喰		Zb
7			軽量骨入 り下塗り 材	軽量骨入 り下塗り 材	本漆喰	2 ~ 3 mm	Ac
8					珪藻土		Bc
9					ケイカル粉末 ゾノトライト 漆喰		Zc

3. 左官仕上げ漆喰の使用材料と試験方法（研究 2, 3）

3.1 使用材料の選定と調合

下地材選定と下地材寸法は石膏平ボード 100mm×100mm の試験体を使用する。厚さは 12.5mm で統一する。下塗り材選定では軽量骨材入り下塗り材と薄塗り既調合下塗り材を使用する。軽量骨材入り下塗り材の特徴として軽量骨材入りで作業性が良好であり、砂を入れる必要がなく調合面においても優れている。用途としては石膏ラスボード下地、軽量骨材入り下塗り材を使用する。薄塗り既調合下塗り材の特徴として優れた保水性と強い付着力を備えており、水を加えて練るだけであり調合面においても優れている。用途としては石膏平ボード、コンクリート PC 板を使用するということから本研究で使用することとした。厚さは 5mm で統一する。

上塗り調合選定では上塗り材比較に使用する試験体の選定基準として砂漆喰は漆喰に砂を混ぜた塗り壁材でヒビが入りにくく、強度が高い。粉角又漆喰は海草類を加工して粉末にしたもので水を加えるだけで糊液になる。工場生産なため品質が安定している。消石灰を原料とした場合、本漆喰と呼ぶことが出来る。珪藻土は珪藻という植物プランクトンの死骸の殻が沈殿して化石になった土を使用している。調湿、消臭効果が高い。上記を加味した上で本研究ではケイカル粉体ゾノトライト漆喰、珪藻土、本漆喰を使用する。また表 3 では各種中塗り材、上塗り材使用材料の調合表について示す。

3.2 左官仕上げ湿式材の空気質改善試験方法（研究 3）

表 4 に各種試験の方法について示す。また空気質改善機能調査試験を行う前、予備試験を行い正常に試験が行えるか確認をした。また図 3 に測定で使用する試験体を示した。

表 5 では調湿試験の図と日本建材・住宅設備産業協会による調湿建材の判定基準を示した。表 6 では VOC・臭い除去試験の図を示し、初期濃度を統一させた。

表 3 空気質改善測定の使用材料の調合（研究 2）

項目	材料	分量
本漆喰	消石灰	20kg
	角又	0.8kg
	すき	0.8kg
稚内珪藻土	稚内珪藻土	10kg
	水	6.0ℓ
ゾノトライト漆喰	アルカリ漆喰ボンド(kg)	0.77kg
	珪酸カルシウム(kg)	0.22kg
軽量骨材入り下塗り材	水(ℓ)	0.4ℓ
	軽量骨材入り下塗り材(kg)	1.0kg
薄塗り既調合下塗り材	水(ℓ)	0.4ℓ
	薄塗り既調合下塗り材(kg)	1.0kg

表 4 試験方法（研究 3）

	試験項目	内容
研究 1	粒子径分布測定試験	粒子径分布測定、SALD-2300 使用。測定対象物質、消石灰、珪藻土、トバモライト廃棄粉体（ALC 工場切削粉体）、ゾノトライト粉体（ゾノトライト製品切削粉体）。
研究 3	調湿測定試験方法	吸放湿性測定 JIS A6909 を参考。容器約 3 L 密閉容器使用、簡易測定方法。100mm×100mm 試験体測定。湿度 90%、温度 23℃ 試験体密閉 12 時間後計量、試験体を湿度 45% 温度 23 度密閉 12 時間後計量。平均値算出。
研究 3	VOC 測定試験方法	容器約 3 L 密閉容器使用。簡易測定方法。化学物質ホルムアルデヒド一種のみ使用。VOC 除去試験方法として容器約 3.1L 密閉容器内、化学物質発生源、（ホルムアルデヒド）試験体を入れ密閉 20℃60%（RH）環境下容器内発生化学物質試験体吸収量、時間測定。発生源ホルムアルデヒド液（ホルマリン）使用。北川式検知管を使用。
研究 3	臭い測定試験方法	簡易試験法臭い除去試験。臭い物質アンモニア水一種使用。容器約 3.1L の密閉容器内臭い発生源、（アンモニア水）試験体を入れ、密閉 20℃60%（RH）環境下容器内発生臭い物質試験体吸収量、時間測定。アンモニア水初期濃度 8ppm。北川式検知管を使用。

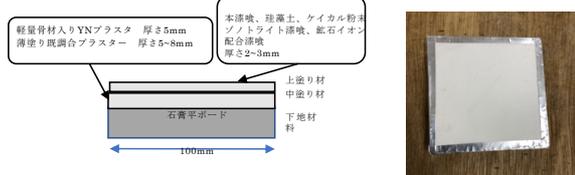


図3 左官仕上げ漆喰の図

表5 調湿建材の判定基準と調湿試験の概要

	3時間後	6時間後	12時間後
吸湿量(g/m ²)	15以上	20以上	29以上
放湿量(g/m ²)	—	—	※1

※1 12時間後の放湿量は吸湿過程12時間後の吸湿量の70%とする。

3時間毎重量を測定

表6 VOC・臭い除去試験の概要

名称	ホルムアルデヒド (HCHO)ppm	アンモニア(NH ₃)ppm
発生源	ホルムアルデヒド液	アンモニア水
主な用途	合成樹脂、顔料	有機溶剤
化学物質量	3ppm	8ppm

試験体の設置および検知管による想定状況

4 各種空気質改善試験の結果 (研究3)

4.1 各種左官仕上げ粉体の粒子径分布測定

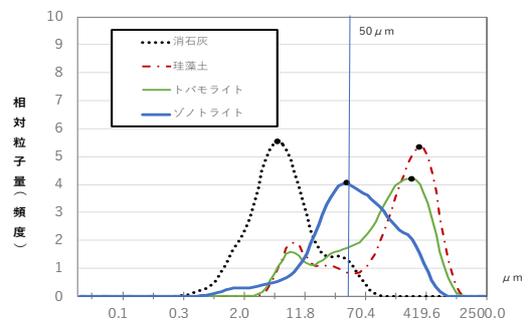
図4にレーザ回折式粒子径分布測定SALD試験による粒径分布の頻度データと積算データを示す。消石灰は1~50 μ mにピークがあり粒子径の粒子量にばらつきが少なく、珪藻土、トバモライトは粒径分布が類似しており5~10 μ mに小さなピークができており100~500 μ mに大きなピークになっている。ゾノトライトは10~300 μ mにピークができており消石灰より粒径が大きい粘土の粒径50 μ mを中心に大きい粒子と小さい粒子があり充填性の良い粒度を持っている。

4.2 調湿測定試験の結果

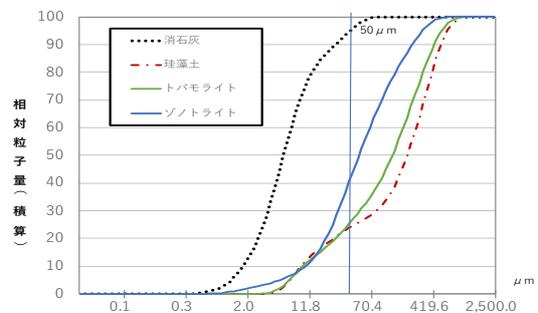
図5.6に各種の空気質改善機能性調査試験の結果をグラフに示した。吸放湿機能評価試験では吸湿量と放湿量を12時間での結果の平均を示した。吸湿については本漆喰が最も高い数値でその他の試験体は同等の性能を示していた。放湿については珪藻土が最も高い数値となり次にゾノトライト漆喰が高い数値となった。

4.3 VOC 残存濃度測定試験の結果

図6にVOC 残存濃度の経時変化をグラフに示した。ホルムアルデヒド濃度を3ppmにした状態で24時間での除去量の結果の平均を示した。2時間を経過した段階ですべての試験体が1ppmを下回り24時間後には全て0に近い数値を示していたのでVOC除去量としては全て同等の性能となった。

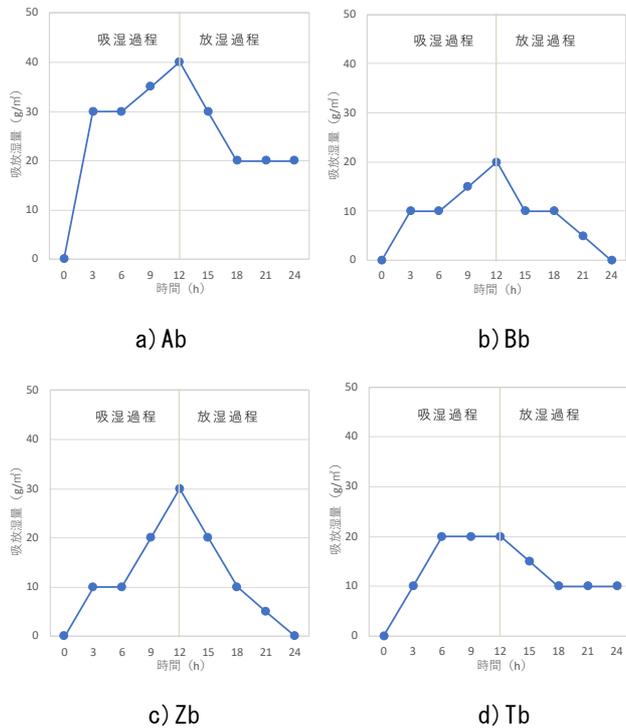


a) 相対粒子量粒度分布



b) 相対粒子量累積分布

図4 各種粉体の粒子径分布測定の結果



a)Ab	本漆喰上塗り仕上げ
b)Bb	珪藻土入り漆喰上塗り仕上げ
c)Zb	ゾノトライト漆喰上塗り仕上げ
d)Tb	トバモライト漆喰上塗り仕上げ
a~d) * _b	石膏平ボード下地への薄塗り既調合中塗り材

※薄塗り既調合下塗り材はひび割れが少なく本試験で用いた。

図5 調湿測定推移と試験体選定の理由

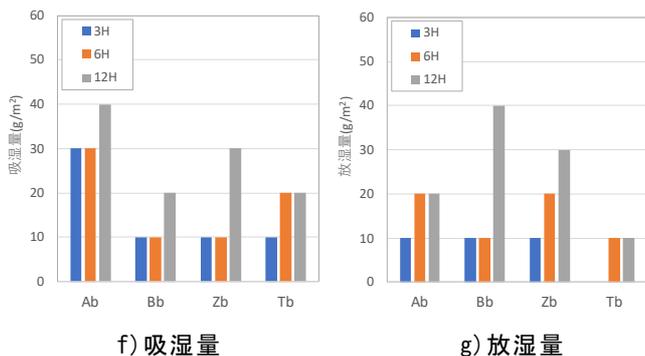


図6 室内空気の水蒸気の吸収量と放出量

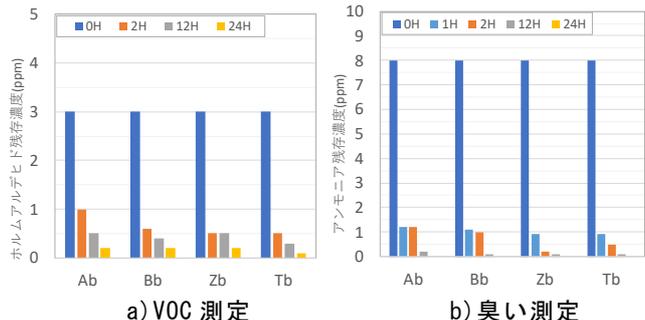


図6 VOC・臭い残存濃度の経時変化

4.4 臭い物質残存濃度測定試験の結果

図6に臭い物質残存濃度の経時変化の結果をグラフに示した。アンモニア濃度を8ppmにした状態で24時間での除去量の結果の平均を示した。臭い除去量としては2時間後にはゾノトライト漆喰が最も高い除去量を示した。24時間後には全て0に近い数値となり臭いは消失した。ゾノトライト漆喰の臭い除去性能に関しては、即効性があることがわかった。

5. まとめ

本研究では建設副産物であるケイ酸カルシウム系粉体を用いた左官仕上げ漆喰の室内空気質改善性の評価により以下の知見が得られた。

- 1)現状ゾノトライトやトバモライトを含むALC板から、大量の粉体が発生しており副産物として用いる必要がある。
- 2)左官仕上げ漆喰を塗りひび割れが少なく安定して作成することができたのは薄塗り既調合下塗り材を使用したものであり実際の試験で使用した。
- 3)調湿性能測定試験ではゾノトライト漆喰の性能としては吸湿量と放湿量が本漆喰と珪藻土の間であり従来の左官仕上げ漆喰と同等の性能であった。
- 4)VOC除去試験ではわずかにゾノトライト漆喰が優れているという結果になったが他左官仕上げ漆喰と大差はないという結果になった。
- 5)臭い除去試験では最終的には全ての左官仕上げ漆喰が臭いを除去し、ゾノトライト漆喰は即効性があった。
- 6)本研究により同等の性能、また臭いに関してはそれ以上の結果を残したので廃棄物発生抑制に貢献することが出来ると共に新たな湿式材料として期待できる。

参考文献

- 1) JIS A 6909 建築用仕上げ塗材, 2014
- 2) 中田倫:内装左官仕上げ壁におけるVOC・臭い除去に対する機能性評価, 2日本建築学会関東支部研究報告集, 2017
- 3) 牧野萌子:左官材料を中心に施行された仕上げ壁の調湿性能の比較, 日本建築学会関東支部研究報告集 I, 2017

謝辞

本研究は株式会社ナガショウの資材提供をはじめ助力を得た。またSALD試験による粒径分布を株式会社島津製作所、室屋岳人氏、木下健氏をはじめ関係者各位多くの助力を賜り感謝致します。