

ゾノトライト系廃棄粉末と天然鉱石粉末混和材を含有した乾式漆喰パネルの空気質改善効果

Db19121 小山建斗

1. はじめに

漆喰は耐火性や耐久性に優れており、日本の伝統的な素材として長年にわたり使用されてきた。しかし、施工者の減少に加え湿式工事は価格が高価であり、建築工事の大半は乾式工事となっている。そこで、乾式の漆喰パネルを開発することで安価に漆喰壁を普及させることが出来ると考えた。乾式化に伴い、需要の拡大が期待できるため使用する左官材は環境に配慮し、ALC、ECP 等のケイ酸カルシウム系材料切削時に多量に発生する廃棄微粉末を使用する。本研究で用いる粉体はゾノトライト系結晶 ($6\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) を含み漆喰成分と親水性があるため¹⁾、代替可能な左官仕上げ材料として期待できる。

一方で、コロナによる空気質改善対策として抗菌性・空気清浄性としてマイナスイオン効果も同様に注目を集めており²⁾、JIS B9929 等で分析方法が定められ、放射性鉱石等の電磁波振動の影響からマイナスイオンが発生することが分かっている。ケイ酸カルシウム系粉末を使用した漆喰の性能評価に加え、マイナスイオンを発生させる放射性鉱石粉末(イオン化混和材)を混ぜ合わせたマイナスイオンによる室内の空気清浄性能も評価する。なお、比較対象として水酸化カルシウムを主成分とした珪藻土と日本伝統の本漆喰を使用する。以上により、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使用した乾式漆喰パネルの開発を目指す。以後、この漆喰をゾノトライト漆喰と呼ぶ。

2. 研究概要

2.1. 使用材料と実験方法

表 1 に研究の流れ、表 2 に各種漆喰の漆喰調査、表 3 に試験体概要、表 4 に実験要因と水準、表 5 に実験方法を示す。まず、乾式漆喰パネル試験体を複数作製し、作製した試験体で調湿、VOC、臭いの機能性能評価試験と表面粗さ測定を行う³⁾。最後に、ゾノトライト漆喰'のマイナスイオン試験として鉱石用テスターによるマイナスイオン濃度の測定、方向別マイナスイオン放散範囲測定、湿度別マイナスイオン放散濃度測定を行う。

2.2. 各種漆喰の物性調査(研究 1)

図 1 に各種漆喰の乾燥による密度変化の結果を示す。密度の高い方から本漆喰、珪藻土、ゾノトライト漆喰となった。また、珪藻土、ゾノトライト漆喰はほぼ一定の密度を示したのに対し、本漆喰は密度が上がった。

2.3. 乾式漆喰パネル試験体の作製(研究 1)

石膏ボード、ケイ酸カルシウム板の 2 種類の下地にゾノトライト漆喰、本漆喰、珪藻土の 3 種類の左官材を塗り、計 6

表 1 研究の流れ

研究 1	各種漆喰の物性調査、乾式漆喰パネル試験体の作製
研究 2	各種漆喰の VOC 試験 (ppm、%)、消臭試験 (ppm、%)、調湿試験 (g/cm^3)、表面粗さ測定 (μm)
研究 3	マイナスイオン放散試験(鉱石用テスター、放散範囲測定 (m)、湿度別濃度測定 (個/cc))

表 2 各種漆喰の漆喰調査

	項目	材料	質量比 (%)
研究 1, 2	ゾノトライト漆喰 (Z 種)	ケイ酸カルシウム	30.0
		消石灰	4.4
		合成樹脂	26.6
		水	38.9
	本漆喰 (H 種)	消石灰	55.8
		角又	2.4
		すさ	2.4
		水	39.4
	珪藻土 (K 種)	珪藻土	69.0
		水	31.0
研究 3	ゾノトライト'漆喰 (Z' 種)	ケイ酸カルシウム	29.5
		消石灰	4.4
		合成樹脂	26.3
		イオン化混和材	1.5
		水	38.3

表 3 試験体概要

	漆喰種類	下地材料	記号
研究 1, 2	ゾノトライト漆喰 (Z 種)	石膏ボード	Z-b
		ケイ酸カルシウム板	Z-c
	本漆喰 (H 種)	石膏ボード	H-b
		ケイ酸カルシウム板	H-c
	珪藻土 (K 種)	石膏ボード	K-b
		ケイ酸カルシウム板	K-c
研究 3	ゾノトライト'漆喰 (Z' 種)	ガラス	-

表 4 実験要因と水準

	要因	水準
研究 1	漆喰種類	Z 種、H 種、K 種
	下地種類	石膏ボード、ケイ酸カルシウム板
	下地サイズ	一定 (100 mm × 100 mm)
研究 2	空気質改善効果	調湿試験、VOC 試験、消臭試験
	測定時間	0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24h (調湿) 0, 2, 12, 24h (VOC)、0, 5, 15m (消臭)
研究 3	マイナスイオン試験	放散範囲測定 (個/cc)、 湿度別イオン放出量測定 (個/cc)
	測定方向	試験体正面、斜め、横 (放散範囲測定)
	湿度環境	試験環境 45%, 85%、試験体養生環境 45%, 85% (湿度別イオン放散測定)

表 5 実験方法

	項目	方法
研究 1	試験体作製	100mm 角の下地に乾燥後の質量が 10g となるよう各種漆喰を塗布乾燥後、吸着有効面積が 8100 mm ² となるようアルミテープを貼る
研究 2	VOC 試験	3. 1L の密閉容器使用の簡易測定方法。ホルムアルデヒドを使用し、密閉容器内の発生化学物質試験体吸着量、時間の測定を行う。北側式試験体を使用
	消臭試験	3. 1L の密閉容器使用の簡易測定方法。アンモニアのみを使用し、密閉容器内の発生化学物質試験体吸着量、時間の測定を行う。北川式試験体を使用
	調湿試験	3. 1L の密閉容器使用の簡易測定方法。吸湿と放湿を調査し、3 時間ごと (12 時間ずつ 24 時間) に試験体の重量を測定
	表面粗さ	試験体の無作為に選定した 5 か所算の表面粗さの比筋から術表面粗さ Ra (μm) を算出
研究 3	放散範囲測定	100cm × 100cm × 12cm の容器内の側面の中心に試験体を置き、試験体の正面、斜め 45°、真横の三方向から 5 cm 間隔でマイナスイオン濃度を測定
	湿度別イオン放散測定	湿度 45%, 85% にした密閉容器内 (温度 24 度一定) に湿度 45%, 85% で養生した試験体をそれぞれ入れ、マイナスイオン濃度を測定

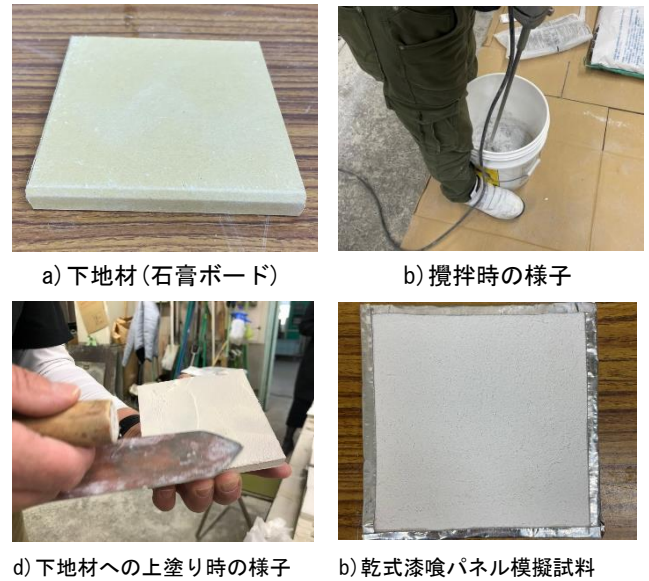
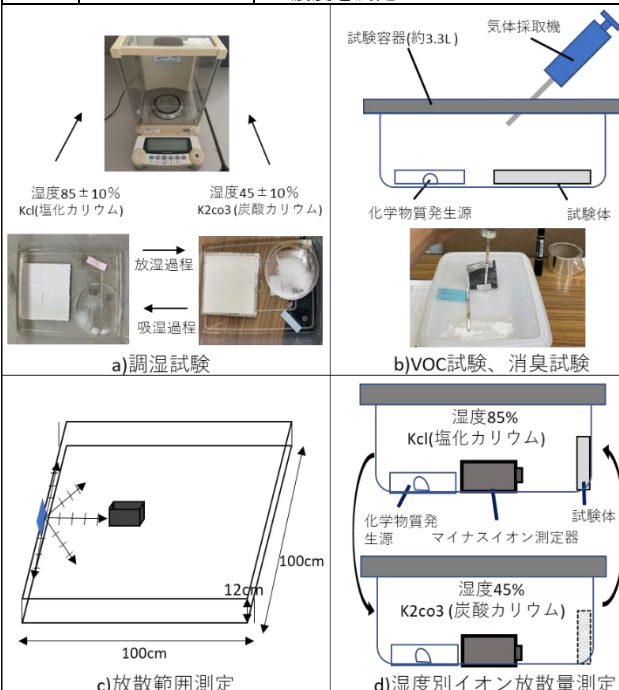


図 2 乾式漆喰パネル模擬試料作成時の様子

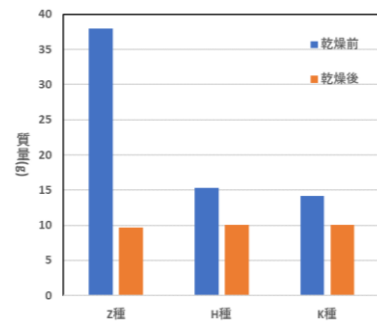


図 3 各種漆喰の乾燥による質量変化

種類の試験体を作成する。塗布量は、塗り厚(mm)ではなく質量(g)を基準にし、乾燥後の漆喰の重さが 10g となるようにした。塗り厚を基準にしない理由は体積ではなく 1g 当たりの性能を評価するためである。乾燥前後での質量変化を図 3 に示す。ゾノトライト漆喰では乾燥により約 1/4 まで質量が減少したのに対し、本漆喰、珪藻土は約 2/3 程度だった。これは、ゾノトライト漆喰は粉体粒度の影響により、水分量が多くなり、質量減少量も増加したと考えられる。

3. 試験結果及び考察

3.1 乾式漆喰パネル試験体の VOC 除去性能評価

図 4 に VOC 試験の結果を示す。下地による VOC 除去性能の差は見られず、性能の高い方から珪藻土、本漆喰、ゾノトライト漆喰という順になった。この結果からゾノトライト漆喰の主成分である廃棄微粉末は、VOC を吸着する性能を持つ珪藻土と比較すると吸収力がやや劣ると考えられる。

3.2 乾式漆喰パネル試験体の臭い除去性能評価

図 5 に消臭試験の結果を示す。5 分経過では大した差は無

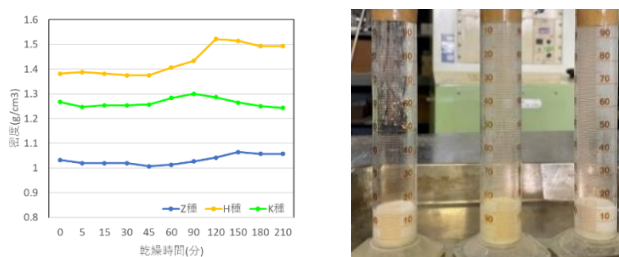


図 1 各漆喰の密度変化と試験時の様子

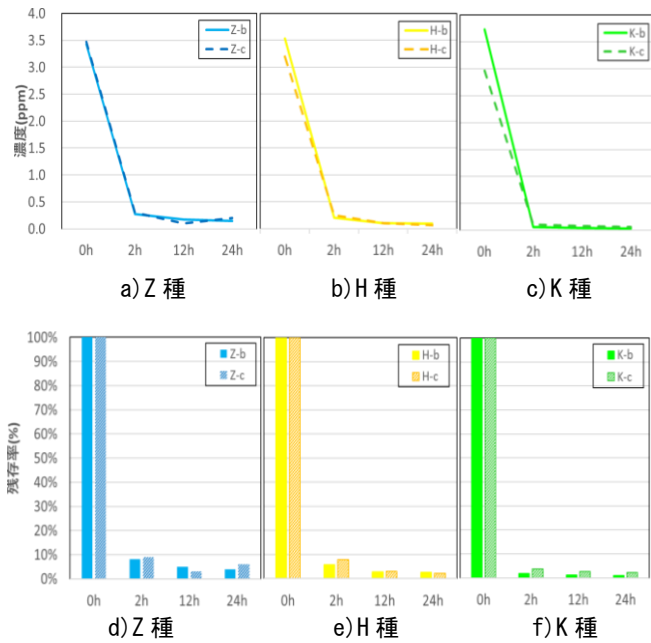


図 4 乾式漆喰パネル試験体の VOC 除去性評価 (濃度変化と残存率)

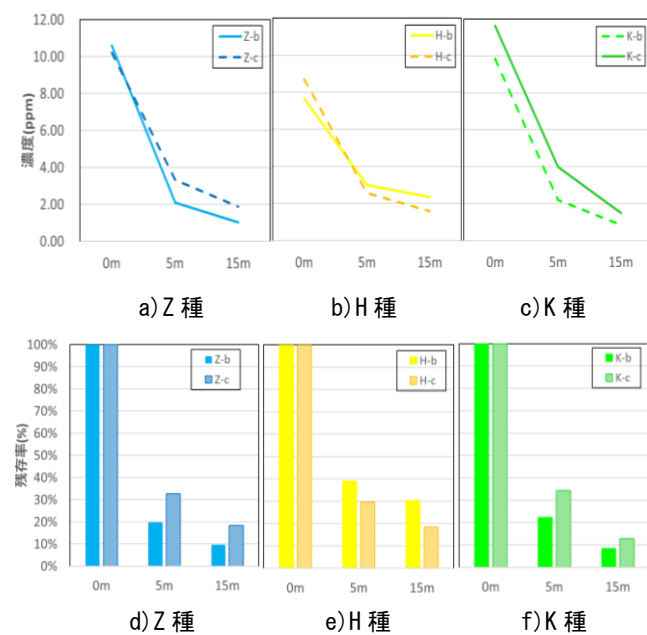


図 5 乾式漆喰パネル試験体の臭い除去性評価 (濃度変化と残存率)

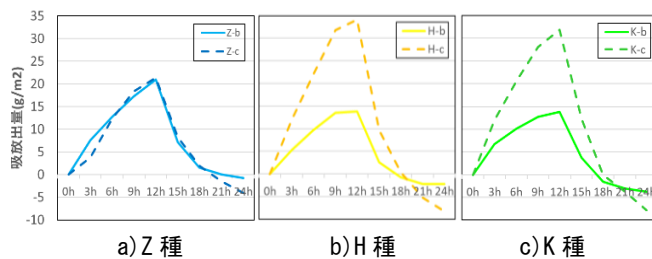


図 6 乾式漆喰パネル試験体の調湿性能評価

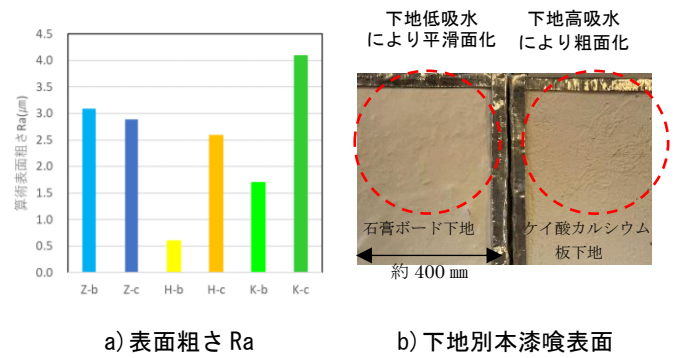


図 7 各種試験体の表面粗さ

いが、15 分経過後ではゾノトライト漆喰と珪藻土と残存率が低くなった。

3.3 乾式漆喰パネル試験体の調湿性能評価

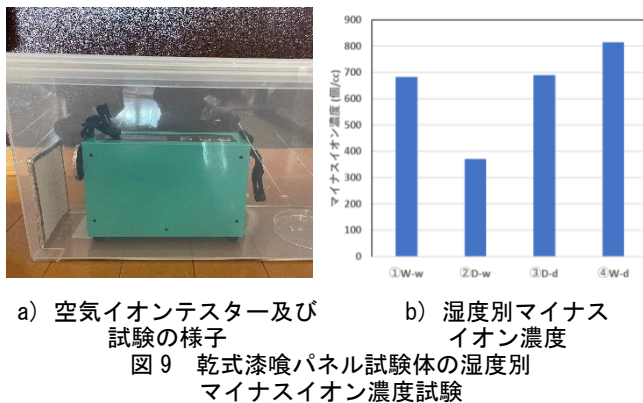
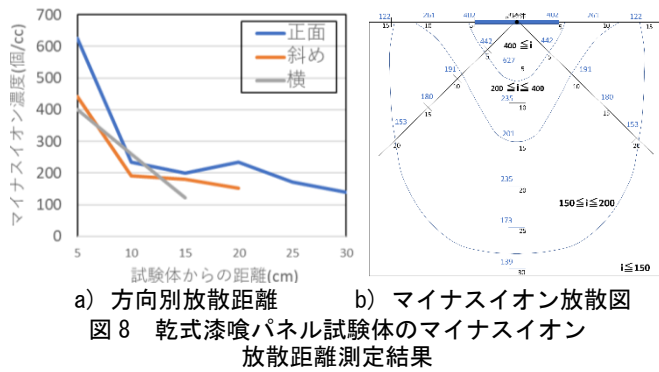
図 6 に各種試験体の吸放湿の結果を示す。本漆喰、珪藻土は下地別で吸放湿性能に明確な差が見られた。これは、漆喰を塗った時の下地の吸水力の違いから表面積に差が表れたからだと考えられる。ケイ酸カルシウム板は吸水力が高く、漆喰の中に隙間が多く生まれた為、吸放湿性能が高い。ゾノトライト漆喰は試験体作成時の塗布量が多くなったため下地による影響が表面まで及ばず、下地別での調湿性能に差が現れなかったと考えられる。

3.4 乾式漆喰パネル試験体の表面粗さ測定

調湿試験の結果より性能に差が出たのは表面積の違いだと考えられるため、表面粗さを測定し検証を行う。表面粗さの結果を図 7a に示す。この結果より、調湿試験で下地による性能の差が現れなかったゾノトライト漆喰では下地による表面粗さの違いも少ないことが分かる。性能に差が現れた本漆喰、珪藻土では表面粗さにおいても大きく差があり、調湿性能の高かったケイ酸カルシウム板の方が表面粗さの値が大きく、表面積が大きいということになる。また下地別の本漆喰の表面状態の比較を図 7b に示す。珪藻土でも同様に下地別で表面状態の違いが見られたが、ゾノトライト漆喰では見られなかった。

3.5 マイナスイオンに関する文献調査結果

マイナスイオン研究は 19 世紀から 20 世紀初頭から行われおり、自律神経の調整や空気清浄、成長促進などの効果があると知られている。では、そのようなマイナスイオンはどのように発生しているのか。主に 3 つの起因が考えられる⁴⁾。1 つ目は、放射線に由来する発生で、今研究で使用するイオン化混和材もその 1 つである。2 つ目は、水滴分裂 (水の状態変化) による発生で、滝の付近にマイナスイオンが豊富に存在するレナード効果などがある。3 つ目は、理科の実験で行う



電気的作用による発生である。

3.6 方向別マイナスイオン放散範囲の測定

表 5 c) 放散範囲測定試験にあるような 100×100×12cm の容器の壁面中央に試験体を設置する。そこから試験体の正面、斜め 45℃、真横の 3 方向に 5 cm 間隔で空気イオンテスターを置きイオン濃度を測定する。その結果を図 8 に示す。試験を行った環境では、試験体の有無にかかわらず常時 150 個/cc 程度のマイナスイオン濃度を示していたため、測定値が 150 個/cc 程度を示した時点で試験体(イオン化混和材)の効果範囲外になったとして測定を終了した。その地点は、試験体の正面、斜め、真横の順で 30 cm、20 cm、15 cm という結果になった。また、試験体の横から測定した場合では、距離とイオン濃度は比例に近い結果になったのに対し、正面、斜めでは反比例に近い結果になった。

3.7 湿度別マイナスイオン放散濃度の変化

マイナスイオン放散量に湿度環境が影響を及ぼす可能性が考えられるため、湿度環境とマイナスイオン放散量の関係を調査する。試験を行う湿度条件として湿度環境 45% のドライ(D)と 85% のウェット(W)の 2 種類で実験を行う。また、試験体が調湿性能を持つため、試験体の湿気の吸い込み具合によるマイナスイオン放散量の変化も考えられる。そのため、試験体の水準として試験体が十分に湿気を吸い込んだウェット状態(w)と湿気を吸い込んでいないドライ(d)の 2 種類で行う。

そのため、湿度環境 2 種×試験体の状態 2 種の合計 4 つの条件下で試験を行う。湿度別マイナスイオン濃度測定試験の結果を図 9 に示す。驚いたことに条件によって放散量に大きな違いが表れた。最も放散量の大きい④W-d と最も少ない②D-w では 2 倍以上の差がある。また、湿度環境と試験体状態が①W-w や③D-d のように同条件であるときに 683、689 個/cc と近い値を示した。同条件であるときの試験体は吸湿も放湿もせず安定しており、近い値を示したと考えられる。②D-w の状態は、湿気を吸った試験体がドライの湿度環境に置かれているため、試験体は持っている湿気を放湿する。それに対し④W-d では湿気を吸っていない試験体がウェットの湿度環境に置かれているため試験体は湿気を吸湿する。②と④の結果から、放湿時にはマイナスイオン放散量は少なく、吸湿時には多くなるということが分かった。

4. まとめ

- 1) 下地により漆喰の表面状態に違いが現れ、調湿性能に大きく影響する。
- 2) 廃棄微粉末を主成分としたゾノトライト漆喰には、本漆喰、珪藻土と同程度の VOC 除去性能、臭い除去性能、調湿性能がある。
- 3) イオン化混和材を塗り壁材に混ぜることで、幅広くマイナスイオンを放出することが出来る。
- 4) 試験体の放湿時にはマイナスイオン放散量は少なく、吸湿時には多くなる。
- 5) 今研究では乾式漆喰パネルの空気質改善評価を行った。今後は漆喰の付着強度など、乾式パネルの研究を進める。

参考文献

- 1) 永田ら、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、日本建築学会関東支部研究報告書、2019
- 2) 小俣一夫、建築仕上技術、Vol.47, No.560, 62~64, 2022-3
- 3) 中村ら、各種本漆喰の材料的性質を踏まえた漆喰塗り壁建材の空気質改善効果、日本建築学会関東支部研究報告書、2022
- 4) イオントレーディング. 空気イオンの測定理論. <https://www.n-ion.com/theory-03.html>, (引用 2022-11-04)

謝辞

本研究は、工学院大学と株式会社ナガショウとの共同研究の成果の一部である。株式会社ナガショウ関係者各位の皆様に深く御礼申し上げます。