地域未利用鉱物を骨材として用いた内装仕上げ左官材の室内空気質環境改善性の評価

DB15222　中小川　卓司

1. はじめに

昨今、コンクリートなどで使われている砂などの骨材が減少傾向ある。そこで地域未利用鉱物を骨材として使うことでそれらの資源節約を目指す。そこで兵庫県高砂市にある竜山石に目を向ける。竜山石は石質が軟らかく加工しやすい半面、耐久性が高く石自体に調湿性があり、建物を湿気から守り基礎石として 使用されていた。

また、現在、日本の住宅において材料の安さや施工期間の短さから壁材として塩ビ壁紙やペイントが使われていることが多い[1)]。しかしそれらの多くは、火災時や結露、施工時に有害なガスや揮発性有機化合物が放散され、シックハウス等の健康被害になり、社会問題として広がった。これらにより自然材料を使い化学成分が出てこない、左官材料が注目されていき、それが持つ機能性が再確認されてきている。それらの条件から、地域未利用鉱物である竜山石を使用した場合の左官材料が持つ調湿性、消臭性が機能するかを調査する。

2. 竜山石を左官材への使用に関する調査

2.1 竜山石の概要

竜山石とは兵庫県高砂市で古墳時代から現代に至るまで産出されている石材である。石材の種類としては流紋岩質凝灰岩で石質が軟らかく加工し易い半面、耐久性が高く石自体に調質性がある。

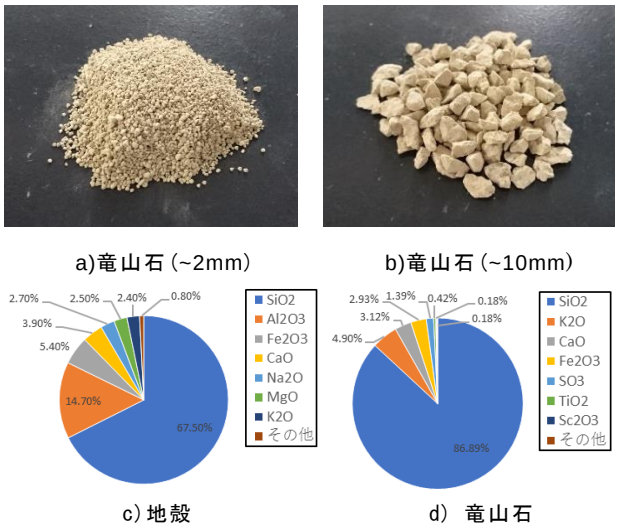


図 2　竜山石と鉱物組成の比較(蛍光 X 線分析)

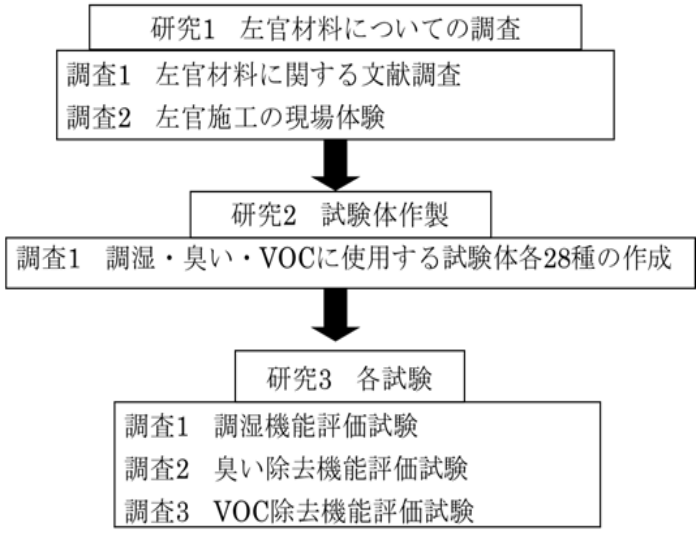


図1　研究フロー

表 1　使用材料

番号	下地材料	下地塗材	中塗り材 (既調合漆喰)	上塗り材 (既調合漆喰)
			竜山石 粒度：重量比率	竜山石パウダー 混入率
		塗り厚 1mm	塗り厚 7mm	塗り厚 1mm
Ac10	石膏平ボード	薄塗既調合 石膏プラスター	3mm：10%	0%
Ac1030			3mm：10%	30%
Ac1050			3mm：10%	50%
Ac20			3mm：20%	0%
Ac2030			3mm：20%	30%
Ac2050			3mm：20%	50%
Ac0			0mm：0%	0%
Ab10		内装用下地調整剤 (非石膏系)	3mm：10%	0%
Ab1030			3mm：10%	30%
Ab1050			3mm：10%	50%
Ab20			3mm：20%	0%
Ab2030			3mm：20%	30%
Ab2050			3mm：20%	50%
Ab0			0mm：0%	0%
By10	石膏ラスボード	現場調合 石膏プラスター	3mm：10%	0%
By1030			3mm：10%	30%
By1050			3mm：10%	50%
By20			3mm：20%	0%
By2030			3mm：20%	30%
By2050			3mm：20%	50%
By0			0mm：0%	0%
Bd10		既調合 石膏プラスター	3mm：10%	0%
Bd1030			3mm：10%	30%
Bd1050			3mm：10%	50%
Bd20			3mm：20%	0%
Bd2030			3mm：20%	30%
Bd2050			3mm：20%	50%
Bd0			0mm：0%	0%

備考)　平ボードを A シリーズ, ラスボードを B シリーズ

竜山石は明治から昭和初期にかけ、建築・土木資材として使われていた。

2.2 竜山石の鉱物組成

図 2 に竜山石の鉱物組成の割合を示す。竜山石は海中に吹きだした溶岩が急激に冷やされた結果砕けそれが堆積していったものである。これらの岩石はハイアロクラスタイト(hyaloclastite)とも呼ばれている。

3. 竜山石を使用した左官仕上げ試験体概要

3.1 各試験体の選定方法

表 1 に今回試験を行う試験体 28 種類を示す。本研究では、左官職人の方々を協力し試験体選定を行った。下地材料を 2 種類・下地塗材を 4 種類・中塗り材を 3 種類・上塗り材を 3 種類に選定した。これら合計 36 種類を試験体として選定し、それぞれの材料の機能性を比較し、把握を行う。

3.2 試験体の作成概要

図 2 に試験体の塗圧を示す。本章では竜山石を使用した左官材料について調湿、VOC 除去、臭い除去の機能評価を行う。試験体は下地塗厚 1mm、中塗り厚 7mm、上塗り厚 1mm となるように作成した。また試験体は裏面及び側面をアルミテープで覆い吸収、放出する面を 1 つにした。吸着有効面が 81cm² になるように接触面の周囲もアルミテープで覆った。

4. 竜山石を使用した左官仕上げ壁の調湿機能の評価

4.1 調湿試験の概要

JIS A 1470-1 に順じて試験を行う。試験体の側面及び背面にアルミテープを貼り断湿する。試験に使用する密閉容器に試験体を入れ温度 20℃、湿度 50±10%になるまで数日間静置する。一定になったら臭化カリウム 20g を容器に入れ、温度一定(20℃)、湿度 80±10%まで上げ、容器内に 24 時間静置する。この時、3 時間毎に質量を測定し 24 時間続ける(吸湿過程)[2]。次に酢酸カリウム 20g を入れ温度一定(20℃)で湿度 50±10%まで下げ、容器内に 24 時間静置する。3 時間毎に質量を計測し 24 時間続ける(放湿過程)[2]。

4.2 調湿試験の評価方法

判定値は表 3 に示す[3]。この実験の評価は(1)の式より算出する。

$$W_s = W_a - W_d \quad - \quad (1)$$

ここに、W_a：吸湿過程終了時の吸湿量(g/m²)

W_d：放湿過程終了時の放湿量(g/m²)

W_s：試験終了時の吸放出量の差(g/m²)

一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会の調湿建材判定基準により定められた基準値で判定する。対象試験体は全 28 種である。

表 2　実験方法

実験項目		実験概要		水準
研究 1	調査 1	文献調査		JASS15、JIS　規格類の調査
	調査 2	社会調査		竜山石の認知度調査
	調査 3	試験体作成	調湿試験	28 種類、100mm×100mm
			VOC 除去試験	28 種類、100mm×100mm
			臭い除去試験	28 種類、100mm×100mm
			養生期間	2018.6~9 月
研究 2	実験 1	調湿性能評価	調湿建材評価基準(g/m²)	JIS A 1470-1:吸湿量(3 時間後、6 時間後、12 時間後)、放湿量(12 時間後) A：9 月、B：12 月 日本建材・住宅設備産業協会の調湿建材判定基準
			重量変化率(%)	$\alpha=(M_0-M_i)/M_0$ α:重量変化率、M_0:元の試験体の質量、M_i:i 時間後の試験体の質量
	実験 2	VOC 除去試験		容積:3L, 吸着有効面積:81cm²,温湿度:20℃60%,測定時間:0・2・12・24,発生源:ホルマリン,量:22×10⁻⁵g,成分:合成樹脂等
	実験 3	臭い除去試験		容積:3L, 吸着有効面積:81cm²,温湿度:20℃60%,測定時間:0・5・15 分,発生源:アンモニア,量:19×10⁻⁵g,成分:有機溶剤

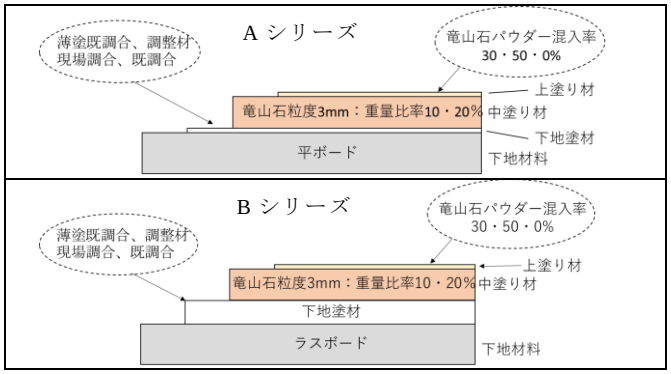


図 3　試験体の断面図

表 3　調湿建材の判定値

	3 時間後	6 時間後	12 時間後
吸湿量(g/m²)	15 以上	20 以上	29 以上
放湿量(g/m²)	—	—	※1

※1 12 時間後の放湿量は吸湿過程 12 時間後の吸湿量 70%とする

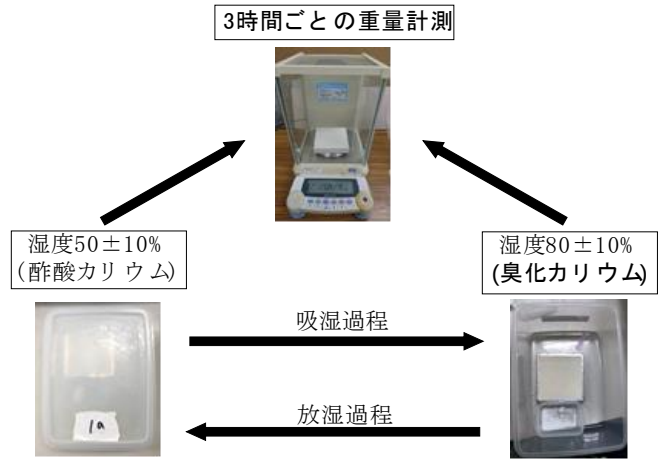


図 4　調湿試験方

4.3　実験結果と考察

4.3.1　下地材料のみの場合

データは 2017 年度卒業論文左官材料を中心に施工された仕上げ壁の調湿性能・防音特性の比較から算出している。[1)]結果を見ると平ボードよりもラスボードの方がより吸湿しているのが分かる。これは表面にある凹凸によって表面積が増えたことにより吸湿量が上がっている考えられる。

4.3.2　竜山石を加えた試験体の吸湿試験結果の場合

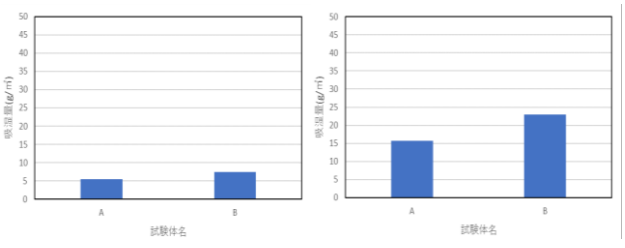
3 時間後の吸収量と 12 時間後の吸収量の結果を図 6 及び図 7 に示す。まず図 6 から 3 時間の段階ではすべての結果が基準値を上回ることはなかった。Ac シリーズの吸湿量が比較的に優れている。吸湿量も 3 時間の段階では Ac2050 が最も多く竜山石の最も含有されているものが多く吸っていた。また By シリーズよりも Bd シリーズの試験体がより多く吸湿していた。これは Bd に使用している下地塗材にも骨材が含まれている為、全体的な吸湿量の増加に影響したと考える。

図 7 から Ac2050 及び Ab2050 が基準値を上回る結果が出た。どちらも竜山石が最も含有されている試験体である。12 時間後の吸湿量も Ac シリーズよりも Ab シリーズがより吸湿している。Ab に使われている下地塗材に珪藻土が含まれているのも影響していると考える。Ac シリーズ及び Ab シリーズの吸湿量は 3 時間のものと比べ多く吸湿していた。By シリーズ及び Bd シリーズも 3 時間の時と比較すると倍以上吸湿していることが分かった。

12 時間後の放収量の結果を図 8 に示す。3 時間の測定では全ての試験体がわずかに放湿していた。放湿量においても Ad2050 が最も放湿していた。

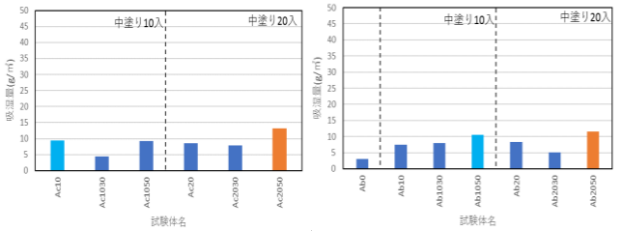
12 時間後の放湿量は Ac シリーズは Ac2050 以外 Ab シリーズでは Ab1050 及び Ab2050 以外が基準値を満たしていた。上塗り材に竜山石を多く使用しているものの放湿量が芳しくなかった。

また By シリーズ及び Bd シリーズにおいては半分が放湿量の基準値に達しなかった。特に Bd シリーズは 6 個の試験体の内 4 個が基準値に達しなかった。しかし Bd1050 及び Bd2050 の外塗材に最も竜山石を含有している試験体が基準値を満たしていた。

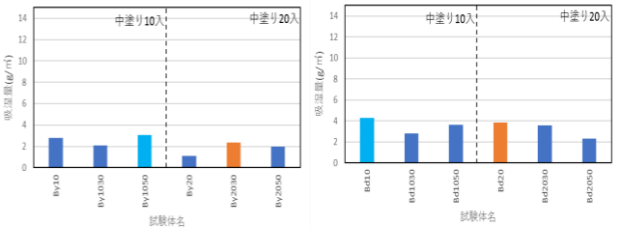


a)3 時間後の吸湿量　　b)12 時間後の吸湿量

図 5　下地材のみの試験体の吸湿試験結果

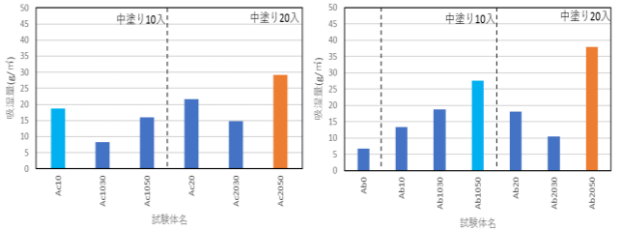


a)Ac シリーズ　　b)Ab シリーズ

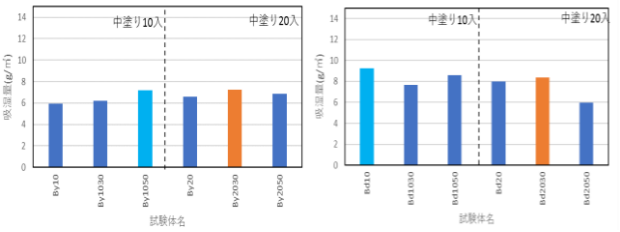


c)By シリーズ　　d)Bd シリーズ

図 6　竜山石試験体の吸湿量(3 時間後)

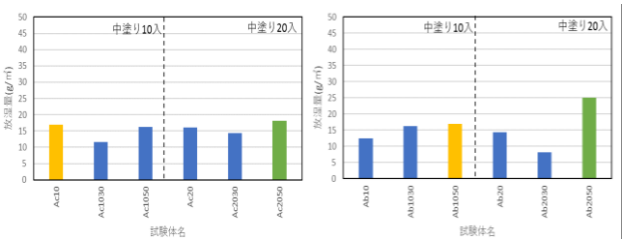


a)Ac シリーズ　　b)Ab シリーズ

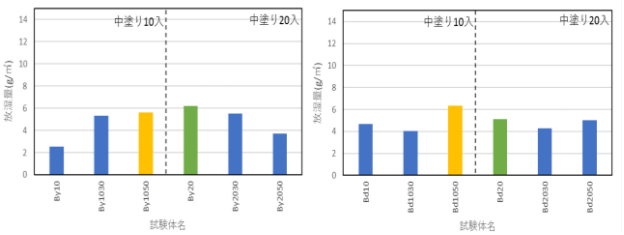


c)By シリーズ　　d)Bd シリーズ

図 7　竜山石試験体の吸湿量(12 時間後)



a)Ac シリーズ　　b)Ab シリーズ



c)By シリーズ　　d)Bd シリーズ

図 8　竜山石試験体の放湿量(12 時間後)

5. 竜山石を使用した左官仕上げ壁の VOC・臭い除去機能の評価

5.1 VOC・臭い除去試験の概要

図 10 に試験方法を示す本実験では AIJES-A0001-2014 及び AIJES-A0003-2005 に順じて試験を行う。容積約 3L の密閉容器を用いた方法で、左官材料の室内汚染物質の除去機能を評価する。ここで検討した化学物質はホルムアルデヒドの 1 種類、アンモニアの 1 種類ずつである。

5.2 臭い・VOC 除去試験の評価方法

簡易測定法による臭い・VOC 除去技能試験は容積約 3.1L の密閉容器内に化学物質発生源と試験体を入れ、密閉し 20℃60%(RH)の環境下で容器内に発生した化学物質を試験体が吸収する量と時間を測定する [4]。化学物質発生源は 2.5cm×0.7cm の紙に各化学物資を一滴垂らして浸し、1mm×1mm の大きさに切り初期発生濃度を VOC は 3ppm、臭いは 5~14ppm に設定し、測定する。

5.3 実験結果と考察

図 11 にアンモニア除去試験結果、図 12 に VOC 除去試験結果を示す。Ab1050 が最もアンモニアを吸収している。VOC 除去試験では全ての試験体が 2 時間の段階でほとんどを吸収していた。

6. まとめ

1)調湿性能では竜山石が多く含有されている試験体がよく機能していた。また下地材により調湿性能が影響を受けると考えられる。

2)アンモニア除去試験では吸収量にばらつきがあり竜山石が含有している試験体が比較的に良い結果が出た。

3)VOC 除去試験では竜山石が含有量との関係は明確ではないが仕上げを施した試験体が素早く吸収した。

参考文献

1)田村,牧野,中田: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書Ⅰ,2018

2)日本規格協会 JIS A 1470-1 調湿建材の吸放湿性試験方法、JIS ハンドブック 9 建築Ⅱ(試験・設備)、2005

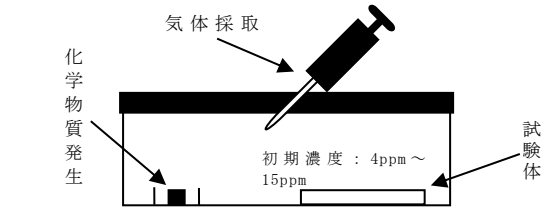
3) 一般社団法人日本建材・住宅設備産業協会「調湿建材登録・表示制度」に関する調湿建材判定基準

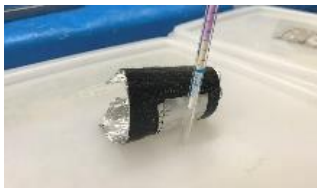
4)日本建築学会環境基準 AIJES-A0001-2014：ホルムアルデヒドによる室内吸気汚染に関する設計・施工等・同解説

謝辞

本研究は大阪府左官工業組合のより資材の提供をいただき研究実施にあたり多くの助力をいただいた。本研究の一部は平成 30 年度工学院大学・私大ブランディング事業による。

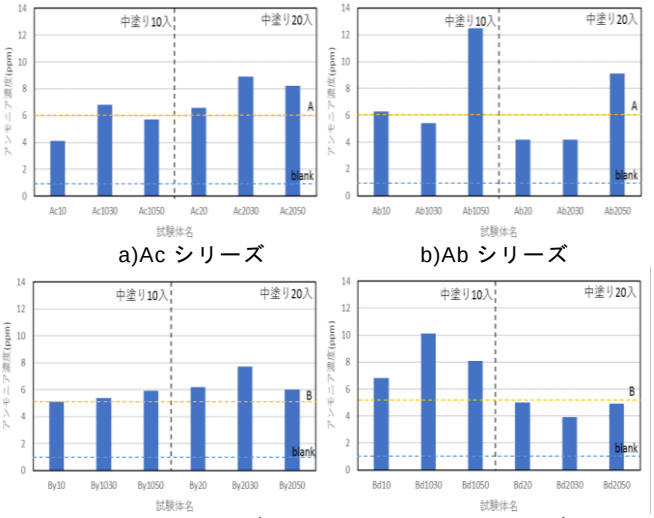
試験項目	容器容積	吸着有効面積	温湿度	測定時間
臭い除去試験	3.1L	81cm^2	20℃60%(RH)	0.5.15 分
VOC 除去試験	3.1L	81cm^2	20℃60%(RH)	0.2.12.24 時間





a)測定中の検知

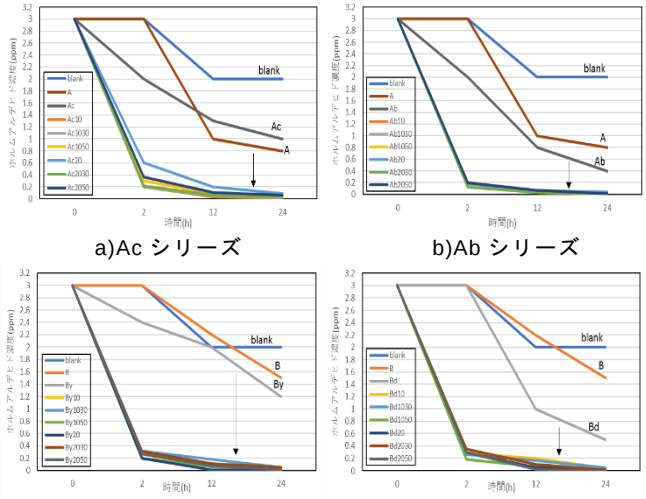
b)測定状況



a)Ac シリーズ　b)Ab シリーズ

c)By シリーズ　d)Bd シリーズ

図 11　竜山石を加えた試験体のアンモニア吸収量の比較（15 分,3 回計測値）



a)Ac シリーズ　b)Ab シリーズ

a)Ac シリーズ　b)Ab シリーズ

図 12　竜山石を加えた試験体の VOC 吸収量の時間変化（0~24 時間, 4 回計測）