

天然鉱物含有型仕上塗材の熱的作用による劣化影響と苔植物の定着関係

DB-13304 村松 凌

1. はじめに

外壁は屋根と合わせ外観に大きな影響を与える。その中で仕上塗材は色や表情等で最も優れた材料で、特定の型がなく個性のある仕上げが出来る。しかし、建築仕上材において雨風だけでなく紫外線等にも晒され続ける為、耐久性・耐候性の高い外壁が求められる。また仕上材が劣化すると元々の景観を害し、さらに内部の主要構造体にまで劣化が進む為仕上材のメンテナンスは非常に重要である。この被害を最小限に抑える事が出来れば良いと考えられる。その中で、タイル等は剥落や劣化が原因で改修工事が多く行われている。そこでこの問題点から見て剥落等の少ない仕上塗材ではどのように変化するのか検討し、塗材でも景観が特徴的な無機物と有機物を合わせた仕上塗材に着目した。天然鉱物を焼結し、無機物と有機物を融合させた仕上げ塗材であり、日本古来の土壁調の塗壁として、経年劣化も風合いやエイジングとして受け取れる特徴がある¹⁾。

また、景観の問題は仕上塗材の特徴を生かせる場であるが、環境面などでは、補うことが難しいと考えている。そこで、近年注目される苔に注目した。苔は屋上緑化が推進されるが壁面緑化として仕上塗材と併用する事が出来ればメンテナンス等をせずに外壁の第二の顔を持てる可能性があると考えた。本研究では、この仕上塗材を塗布した試験体を用いて、苔の生殖と環境面に対する変化、さらに塗材と苔の関係を導き出すことを目的とする。

2. 研究概要

2.1. 天然鉱物含有型・仕上塗材におけるヒアリング調査

天然素材含有の土壁調の仕上塗材は、暴露試験の結果から、経年劣化によりエイジング効果を楽しんでもらう目的のある仕上塗材である。従来の仕上塗材で、光沢を用いたアクリル樹脂の仕上塗材等では汚れないよう手入れをすれば光沢は持続し美観も保たれる。一方、天然鉱物含有型の土壁調の仕上塗材では海岸沿いの建築物や市街の建築物、緑の多い場所での建築物によって、色の用途を使い分けることで、エイジング効果の感じられる時期も変化する効果がある。よって特別に補修することが無くても長い間美観が保たれると考えられる。このことから本研究では汚れや劣化をエイジング効果として受け取る仕上塗材と環境配慮を考え、それに美観を付け加えるために近年注目されてる苔植物を用いて、この仕上塗材と順応して定着し、美しく生えるか評価する¹⁾。

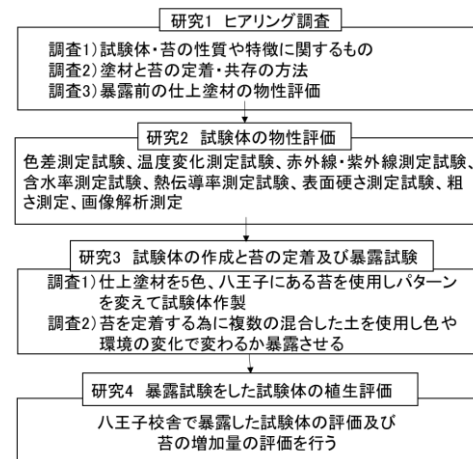


図 1 研究フロー

表 1 使用材料（研究 2～4）

材料	特徴	内容
天然鉱物含有型 仕上塗材	Bla(黒)	成分 アクリルシリコン樹脂、 天然鉱物（貝、砂、石）
	Wh(白)	
	Re(赤)	
	Blu(青)	
	Ye(黄)	
苔付き試験体の 下地材	木材	型枠コンパネを使用
	モルタル	JIS 規格のモルタルを作成後塗布
	樹脂プレート	屋内試験体用の樹脂プレート
苔付き試験体の苔	天然物	八王子キャンパスに生えている砂苔
	培養土	ケト土・赤玉土・黒土・川砂
苔の保護道具	散水セット・遮光ネット・ビニールシート	



a) 建築仕上塗材試験体例

b) 苔付き建築仕上塗材試験体

図 2 本研究の使用試験体

2.2 苔（天然・人口）におけるヒアリング調査

苔とは陸上植物かつ非維管束植物である。世界中で 2 万種が記録されている。湿った環境を好む種が多く、温暖で湿潤な地域に多く、また乾燥した環境にも数は少ないが、適応した種はある。生育する基質としては、土や腐植土、岩上、他の植物体、様々な形で生息する。苔は効率良く土中の水分等を利用できない為、雨などに含まれる水や栄養分を葉の表面から直接吸収し光合成をしている。反対に乾燥した場合は生命活動を極力抑えて、静かに雨の日を待つことから苔の生き方は天候に左右されやすく、「日和見」と言える²⁾。また生態は体内の含水量が変化することから「変水性」と呼ばれる²⁾。場所の

環境によって寿命が変化し、周囲の環境に応じて大きく変化し生息することから苔にはどんな環境下でも対応できる事で美観だけでなく環境面でも注目されつつある。近年地球温暖化や都市の緑化などで苔を利用できるか検討されている。夏季の温度上昇の軽減、冬季の保温による省エネ効果も期待できる。これらを踏まえ、屋上緑化並びに壁面緑化による環境・温度変化をエイジング効果を持つ建築仕上塗材と植生である苔による美観作用、環境問題に対応できるかを複数の実験を用いて検討する。

3. 天然鉱物含有型・仕上塗材の試験体の物性評価

3.1 試験体における色差測定方法

色差を測定する方法は色差計を用いて測定し、 $L^*a^*b^*$ で評価する。 L^* は明度を表し、色相・彩度を表す式座標を a^*b^* で表す。

試験体は1枚につき12箇所を測定し、グラフの表すデータは12箇所の平均の値を算出する。図4は、6月9日に初期値をとり、6ヶ月に1回測定した。a)d)のグラフはX軸に時間、Y軸に L^* 値をとり、他の図b)~f)も同様にX軸に時間、Y軸に a^* 値と b^* 値を測定した。結果的に若干ではあるが変化が見られている。去年のデータを数値にすると0.5%程の変化である。 L^* 値では、若干の変化はあったがほぼ変化はない。 a^* 値では全体的に右肩下がりの挙動が見られる。しかし数値が上がった色もいくつか確認できた。 b^* 値でも右肩下がりの挙動が見られるがほとんどの色が目立って低下しており大きく変化した色は確認されなかった。

全体より、紫外線の影響があると予想に反し、南側も北側も同じような結果となった。測定期間を空けてみると多少の変化が数値で確認できたが目視では変化が感じられない状態となっており、今後の予想としては数値は変化していても肉眼で確認できない状態が今後も続くと考えられる。

3.2 仕上塗材の試験体の温度変化測定

図6に各試験体の温度変化を示す。八王子校舎で暴露試験を行い、試験体5色(Bla, Wh, Re, Blu, Ye)を用いて快晴の日中に温度変化の傾向を見る。今回の結果では色別で判断した際に、初めはBlaが高かったが次第に他の4色も上昇した。5種類の色の熱伝導率を見ると高い数値によって温度も変化するが、今回の測定では多少の誤差でしか結果が得なかった。

3.3 仕上塗材試験体の熱伝導率試験

図8に試験体の基準時の熱伝導率を示す。熱伝導率は迅速熱伝導率計を用いボックス式プローブ法で測定した。測定方法として、試験体の角と中心合わせて5ヶ所を測定しその平均を取った。その結果を図8a)b)に示す。1番数値が高い色はBrで1番低かった色はBluだったがこ

表2 実験要因と水準

		実験要因	水準
研究1	調査1	文献調査	建材仕上系論文、植生系論文
		比較対象	製品規格(色別)
	調査2	要求区分	耐久性、生産性、景観
		ヒアリング調査	試験体の諸特性の調査
研究2	調査1	方角・場所	暴露(北面)、屋内
		試験体の色の種類	Bla, Wh, Re, Blu, Ye
	調査2	下地の種類	木材・モルタル、樹脂プレート
		コケの種類	天然物を使用(スコケ)
	調査3	コケの接着	培養土・ケト土
		散水方法	想定年数・測定頻度を仮定 回数・時間・水量を指定
研究3	調査1	材料物性の評価	遮光ネット・ビニルシートで固定
			色差測定試験($L^*a^*b^*$)
			温度変化試験($^{\circ}C$)
			赤外線・紫外線測定試験($^{\circ}C$)
			含水率測定試験(%)
			熱伝導率測定試験(w/mk)
	調査2	植生物性の評価	粗さ測定(光沢度)試験(%)
			温度変化試験($^{\circ}C$)
			促進試験(%)
			画像解析法 ($S_k, S_s, V_s, \rho, W_{(day)}$)

表3 試験項目と方法

		項目	方法
研究1	調査1	文献調査	外壁仕上塗材と植生に関する研究、特徴別に仕分け
	調査2	ヒアリング調査	試験体の性質・特徴に関するもの
研究2	調査1	試験体作成	試験体の色を6種類用意 試験体を4つに区切り、苔を載せる場所と載せない場所で凹凸をつけ水の流れを考慮し配置する
			試験体とコケの定着させるため、ケト土を使用
	調査2	苔の散水方法	想定年数 約5年間を想定
			測定頻度 月に1~2回
			回数 1日2回、朝夕
			散水時間 1回あたり30分の散水
	調査3	苔の保存方法	想定降雨量 塩ビパイプに2~3mmの穴を開けて流す。全体で約10秒ごとに100mlを想定
			苔が試験体に定着するまで遮光ネットを使用。定着後ビニルシートで固定
研究3		色差測定	JIS Z 8701に規定する明度 L^* 及び色相・彩度を表す色座標 a^* 、 b^* の値
		温度変化測定	ロガーを用いて5分毎に測定
		赤外線・紫外線測定	UV3600測定による評価
		含水率測定	JIS A 1476:2006 水分計を使用
		熱伝導率測定	JIS R 2616 迅速熱伝導率計を用いてボックス式プローブ法で測定
		粗さ測定(光沢度)試験	試験体にアルミホイルを被せ凹凸を作成し光沢計で反射を測定
		画像解析法	画像解析ソフトを用いて試験体全体に対する苔面積比率を算出 $S_k=0.1-1g$, (苔の量) $S_s=100cm^2$, (試験体面積) $V_s=50cm^3$ (体積), $\rho=0.6g/cm^3$, (密度) $W_{(day)} = W_A+W_B+W_C+W_D$ $=10ml/秒$ (水量)
		促進試験	乾燥させた苔を試験体に散布する

の二つも差が 0.07 と大きな差は出なかった。

熱伝導率の測定結果から試験体にする 5 種類を抜き取ると Ye が一番数値が高く、想定していた Wh が 2 番目に高いが全体的にも大きな差はなかった。

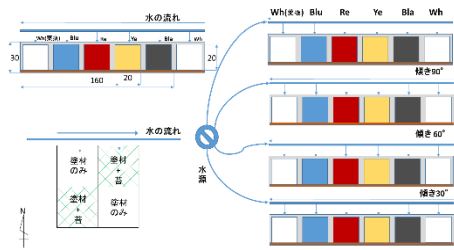
図 8 の c) は主な建築材料の密度と伝導率との関係性をグラフに纏めた。このグラフから試験体は密度と熱伝導率ともに低く、また反対にコンクリートやタイル等はともに数値が高いことがわかった。この結果から密度が大きいとそれに比例し熱伝導率の数値が大きいことを確認できた。

3.4. 仕上塗材試験体の表面硬さ

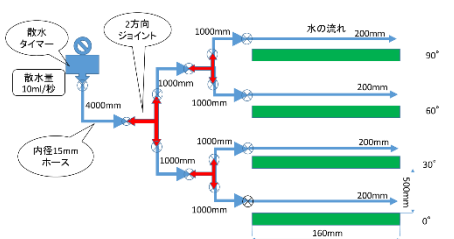
試験体の表面硬さはデジタルフォースゲージで計測する。機器の先端の 1mm の位置に印をつけ、試験体を 1mm 押し込んだときの硬さを測る。図 5 は初期値と 6 ヶ月後とさらに 9 ヶ月後の測定結果である。図 5 のグラフから読み取ると大きな数値の差は無いように見られる。6 ヶ月間で殆どの試験体が 20~30N 近く硬化している。さらに 9 ヶ月後も同じように 20~30N 近く硬化した。今後、経年劣化し、硬化する予想ができた。

3.5. 仕上塗材の試験体の反射率測定

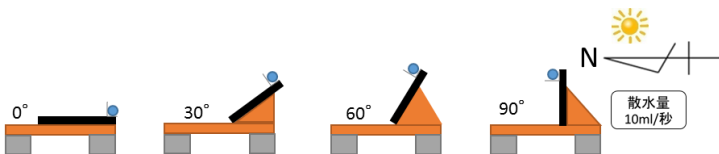
仕上塗材の試験体である、Bla, Wh, Re, Blu, Ye の 5 種類を用いて、反射スペクトルの電磁波別・全域における反射エネルギーを測定した。図 7, 10, は色別試験体の反射エネルギーの測定結果を示す。縦軸に電磁波反射率を示し、横軸に波長を示す。この結果から反射率は初めはほぼ同等の数値だが、次第に一番 Wh が著しく増加し、反対に Bla はゆっくりと数値が増加する結果となった。図 7 は電磁波全体の測定結果を示す。図 10 の a) は Bla を軸



a) 試験体作製配置図



b) 試験体散水概要図



c) 試験体設置図

図 3 苔付き試験体の作製の工程

に棒グラフにし、b) はさらに紫外線・可視光・赤外線で分類し数値化した。この結果から一番光を吸収するのは Bla、一番多く反射するのが Wh だと分かる。

4. 苔試験体作製の工程

4.1 苔付き試験体の概要

屋外の北面に暴露する試験体は木材を下地材としその上に仕上塗材を塗布する。この時、各試験体を田の字に 4 つ区切り、その右上と左下を高さ 5mm まで塗布する。他の二つは 1mm 塗布し、4mm ケト土と目土を乗せる。そこに 5~10g のスナゴケを乗せるがその時、縦 4 列、横 3 行並べる。屋内で暴露する試験体は樹脂プレートを下地とし、その上に仕上塗材を塗布し、これは 2 つに区切り先ほどと同じようにケト土と目土、苔を乗せる。

4.2 苔試験体の画像解析による評価

暴露試験している試験体の写真図 9 の a) を取り、画像解析ソフトで試験体の面積に対する苔の量を測定した。図 9 の b) は詳細図で c) はその解析した面積比率を各試験体ごとにまとめたものである。現時点で作製した試験体の面積に対しての苔面積比率の平均は約 3.5% でここから 100% まで増やす。この数値を初期値とし、今後 5 年間で苔の量と土の量の変動を測定し評価する。

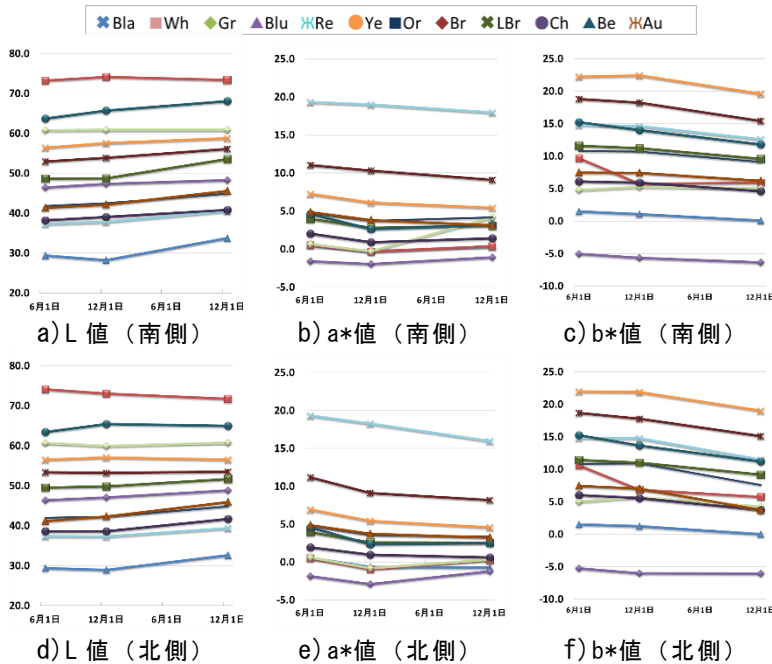


図 4 暴露試験体における L*a*b* 値

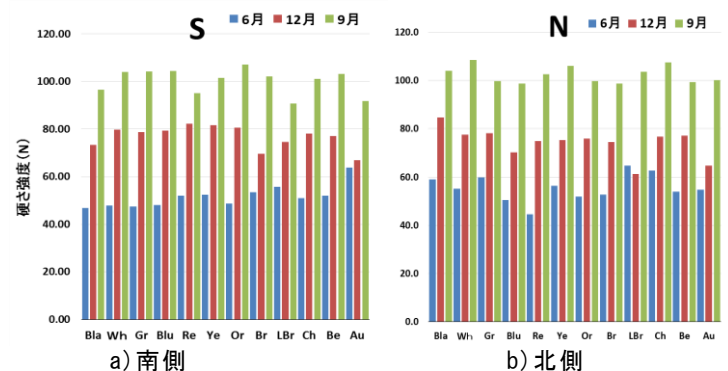


図 5 試験体の表面硬さ (N)

5. まとめ

カビが生えない無機鉱物仕上材による苔緑化の実現には以下が言える

- 1) 仕上塗材は昨年からの暴露試験で色差は値が約 0.5～0.7%の変化となり、また表面硬さは初期値より約 40N の増加が確認できたが、目視での変化はほぼ感じられない結果となった。
- 2) 熱的作用による劣化影響より熱伝導率を測定しコンクリートなどの密度の高い建材と比較して数値が低いことが確認できた。また電磁波反射率も色によって大きな差があると確認できた。
- 3) 苔の定着また増加量の期待は熱的影響で試験体に熱が溜まりにくい Wh が一番可能性あると考えられる。また Wh と Wh の薬抜きとの差が出るかも確認する。
- 4) 測定期間を 5 年間で想定して苔の面積比率 3.5% を初期値とした。また水の影響で少しずつ土が減るに対し苔が試験体に定着して増加する可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) 柏井・田村・高山・小寺, 天然鉱物含有型・仕上塗材の経年劣化におけるエイジング効果の品質評価, 日本建築学会関東支部報告集, 2016 年
- 2) 大石善隆, 苔三昧, pp60～95, 2015 年 3 月
- 3) 日本コンクリート工学会, コンクリートの環境テキスト(案), 2013 年

謝辞

本研究は、工学院大学 UDM 研究及び H28 科研費研究（代表：山本博一）の一部であり、エスケー化研高山美幸氏、小寺努氏、島津製作所齋藤洋臣氏に助力を賜りました。

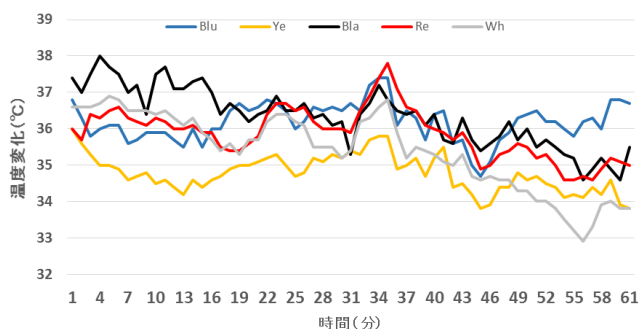


図 6 仕上塗材試験体の温度変化測定試験実測値

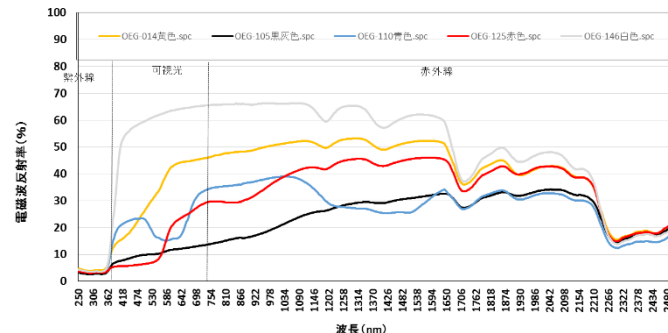
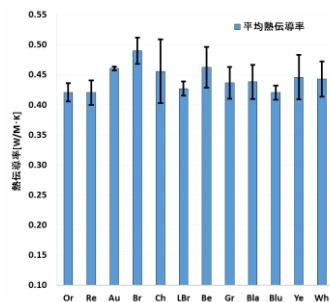
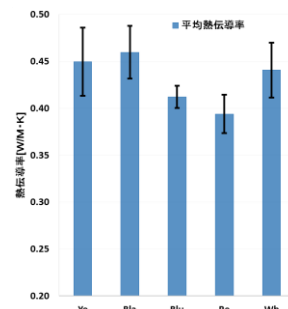


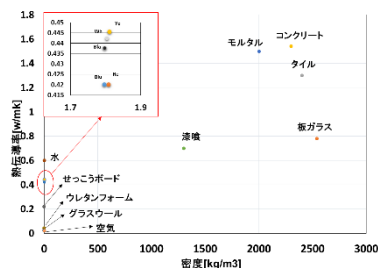
図 7 試験体 5 色別試験体反射スペクトル



a) 暴露試験前の熱伝導率



b) 試験体 5 色熱伝導率



c) 建築材料の密度と熱伝導率の関係

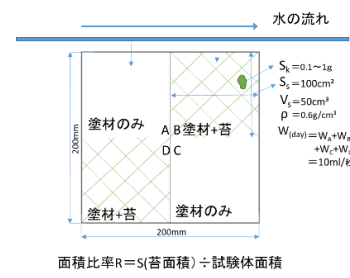


d) 熱伝導率試験の測定風景

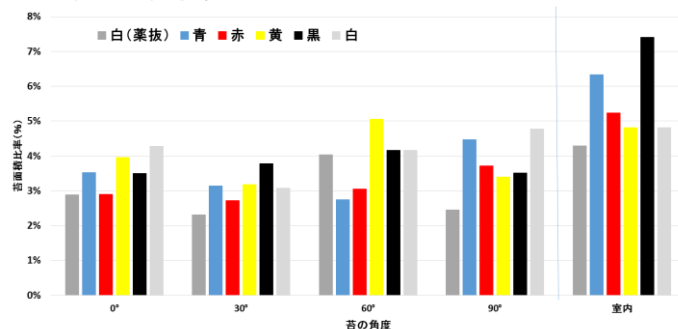
図 8 仕上塗材試験体の熱伝導率の測定



a) 苔付き試験体 ex) Wh

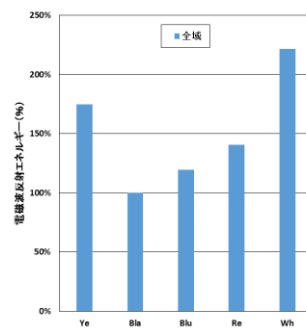


b) 試験体詳細図

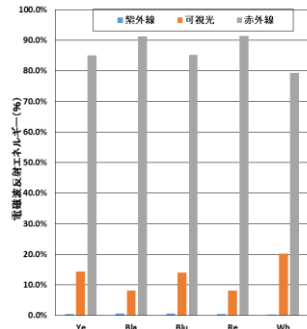


c) 苔付き試験体の面積比率

図 9 苔付き暴露試験体の概要



a) 仕上塗材の電磁波全域におけるエネルギー



b) 仕上塗材の電磁波別におけるエネルギー

図 10 仕上塗材の電磁波反射エネルギー