劣化した建築用仕上塗材の環境影響改善性に関する研究

DC18401 工藤 真美

1. はじめに

建築用仕上塗材には、長期的な固着性を確保するための樹脂以外に、可塑剤として塗料の面積や体積を確保するための材料が入っており、これで建築全体の表面の保護効果が期待できるようになる。一方で、その可塑剤は、石油由来の有機化合物であるものも少なくはなく、将来的には、それらは大気中で太陽光に照射されることで分解し、雨水への溶出等を伴いながら劣化する可能性がある。

本研究では、SDGs やライフサイクル性能を踏まえた環境配慮型の建材開発をする上で、河川や海洋への化学物質の溶出リスクが高い仕上塗材、十分な耐候性が確保できるかという観点からの、調査が必要であるため、本研究では、樹脂の濃度を5~85%まで変えた上で、炭酸カルシウムなどを配合した塗料をスレート板にローラーで施工し、屋外暴露試験を10年、キセノンランプ式促進耐候試験を5年分行い劣化させる。それらの質量変化や、白亜化テープを貼り付け、配合した塗料の汚れ具合を調べるともに、合成物質の成分構成を分析し、仕上塗材の環境影響改善性について検討する。

2.建物外壁の劣化調査結果と考察に関する研究(研究 1)

2.1 評価対象建物の概要

表1に評価対象建物の概要を示す。評価対象建物は、1986年に竣工され、鉄筋コンクリートと鉄骨造建築物である。使用された塗料は、鉄筋コンクリート造はアクリル系弾性吹付けタイルで、鉄骨造はアクリル系エマルションペイントである。また、評価対象建物の配置図および測定箇所として、外壁の全方位、室外機の裏、入口、屋上の合計9箇所測定した。

2.2 白亜化の測定方法

表 2 に実験項目と内容を、表 3 に評価対象建物の外壁、白 亜化テープを使用した測定写真、白亜化等級を用いてデグリ ーで評価したものを示す。JIS K 5600-8-6 に記載されている塗 膜劣化の評価の中の、白亜化の等級試験の基準をもとに、白 亜化テープを使用して同じ箇所に 2 回テープを貼り付け、白 亜化等級の評価を行う。白亜化の劣化デグリーは、5 段階で評 価され、数字が大きくなるにつれて劣化が進んでいると評価 される。

表 1 評価対象建物の概要(研究 1)

竣工年	1986年竣工(築36年	F)						
構造形式	鉄筋コンクリート	造 2002年増築	(築20年)					
何とかれ	鉄骨造 増築部(築2	0年)						
	RC造:アクリル系	弾性吹付け仕.	上げ					
外壁仕上げ	S造:金属系サイ	ディングアク	リルエマル					
	ションペイント仕上げ							
アクリル基の	CH₂ I	CH ₂						
基本構造		- ċ - ····						
奉 个 傳 厄	COOCH ₃	COOCH ₈						
		o 14 100 507	405 62					
		5地增聚 11号 d	10号號 g f					
		11号 d acd既符部						

表 2 実験項目と内容(研究 1, 2, 3)

	項目	内容								
研究1	評価対象建物の 白亜化測定	評価対象建物の外壁を全方位、室外機の裏、入口、 屋上の合計9箇所を、白亜化テープを使用して汚れを 採取し、画像解析により汚れ面積率を算出した。汚 れ面積率をもとに、汚れ劣化度のデグリーの評価を 行った。								
	促進試験枚数	樹脂	5%	25%	40%	55%	70%	85%		
	(5年相当分)		4	6	4	6	4	6		
	(34/1137)	合計	30枚	(寸法:縦70×横48×厚4mm)						
	屋外暴露期間	2021年4月~2031年4月予定(10年間)								
	屋外暴露場所	屋外暴露場所 東京(八王子中野町),山梨(笛吹市)の非住宅ビル屋」								
	紫外線強度測定 (屋外のみ)	紫外線強度計を使用して、月ごとの紫外線強度 (μW/cm)を測定。晴れとくもり、あるいは雨の日の朝、昼、夕方、の3つの時間で測定。								
	屋外暴露角度	45° (屋外), 90° (屋外, 促進), 180° (屋外)								
		樹脂	5%	25%	40%	55%	70%	85%		
研究2・	屋外暴露枚数	八王子	4	9	9	9	9	9		
研究3	(10年分)	笛吹	4	9	9	9	9	9		
		合計 98枚 (寸法:縦150×横70×厚4mm)								
	暴露合計枚数	128枚 (10年暴露試験全体)								
	質量測定	電子はかりを使用して試験体の汚れ変化 を計量。						さ(g)		
	白亜化溶出量・ 面積 の計測	白亜化テープを使用して測定部分に貼り付け、テープに付着した汚れの重さ(g)を量る。その後、テープの画像解析を行い、汚れ面積率(%)を算出。								
	色彩値測定	色差計を使用して, 色彩値の変化をL*, a*, b'び Δ Eにより測定。						b*およ		
光沢度測定 光沢度計を使用して,光沢度(%)を測定。										

表 2 の実験項目と内容は, 3 章で述べる屋外暴露試験の概要についてであるが, 白亜化溶出量・面積の計測に関して, 評価対象建物の測定と同様の測定方法のため, 白亜化の測定方法として示す。

2.3 白亜化等級のデグリーの結果

2.2 で示した表 3 をもとに、図 1 に築 36 年経過した屋外建物の外壁塗装劣化度調査(研究 1)を示す。劣化デグリーの図は、横軸は 5 段階評価の劣化デグリー、縦軸は測定箇所の合計を 100%とした汚れ面積率を表している。

本研究では、汚れ面積率が 5%未満を等級 1 のほとんど認められない、 $5\%\sim9\%$ 以下を 2 のわずかに認められる、 $12\%\sim15\%$ を 3 のはっきり認められる、 $50\%\sim61\%$ を 4 のかなり認められる、64%以上を 5 の顕著に認められると定めた。

次に、汚れ面積率の図は、南面のデータをまとめたものである。測定に使用したテープを撮影し、パワーポイントでその写真の両端を切り取った。次に、切り取った長方形を選択し、数値や画像を参考に、汚れている面積と汚れていない面積を読み取る。

3 つ目の汚れ面積率と汚れ変化量の図は、画像解析ソフトを用いて算出した汚れの面積率と汚れの重さの関係を、横軸を汚れの重さ、縦軸を汚れ面積率とし、測定箇所の全データをグラフで示した。

3.スーパーキセノンウェザーメーターでの促進耐候試験に関する研究(研究 2)

3.1 使用材料

表 4 に使用材料と塗料配合を示す。塗料に用いる材料は、 顔料、体質顔料、樹脂、添加剤、水または溶剤の 5 種類で、 その塗料を施工するスレート板と白亜化テープを使用する。

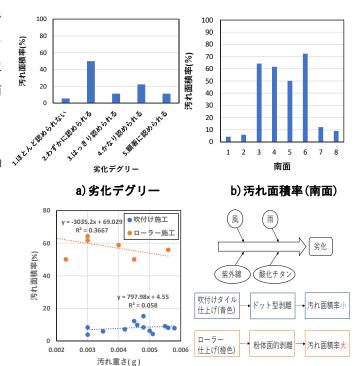
3.2 キセノンランプ式促進耐侯試験の概要

表 5 に建築仕上塗材試験体作製の写真と試験状況を示す。 促進耐侯試験は、樹脂 25%, 55%, 85%の試験体は 5 年分を想 定した試験を行い、1 つの板が終わったら、樹脂 5%, 40%, 70%の試験体と差し替え、後半の 3 種類の試験体は 4 年分を 想定した促進耐侯試験を行う。

なお、キセノンランプ式促進耐侯試験機は、おおよそ 850 時間試験で 1 年分と想定した。屋外暴露試験同様に、経年変化した白亜化の度合いを、5 年想定分の試験を行い、劣化した粒子面積を分析した。

表 3 評価対象建物の測定箇所と劣化デグリー(研究 1)





c) 汚れ面積率と汚れ変化量

d) 外壁の劣化要因

図 1 築 36 年経過した屋外建物の外壁塗装劣化度調査 (研究 1)

表 4 使用材料と塗料配合(研究 2.3)

塗料 配合	824	樹脂 (5%)		樹脂 (25%)		樹脂 (40%)		樹脂 (55%)		樹脂 (70%)		樹脂 (85%)	
	90.0	wt%	作製(g)	wt%	作製(g)	wt%	作製(g)	wt%	作製(g)	wt%	作製(g)	wt%	作製(g)
顔料	酸化チタン	20	80	20	80	20	80	20	80	20	80	0	0
体質顔料	炭酸カルシウム	43.33	173.32	30	120	20	80	10	40	0	0	0	0
樹脂	アクリル樹脂	5	20	25	100	40	160	55	220	70	280	85	340
	造膜助剤	0.15	0.6	0.75	3	1.2	4.8	1.65	6.6	2.1	8.4	2.55	10.2
添加剤	增粘剤	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2	0.3	1.2
	消泡剤	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4
水/溶剤	水	31.12	124.48	23.85	95.4	18.4	73.6	12.95	51.8	7.5	30	12.05	48.2
	合計	100.00	400.00	100.00	400.00	100.00	400.00	100.00	400.00	100.00	400.00	100.00	400.00
	写真												

3.3 促進耐候試験の測定結果

図2に促進耐候試験の劣化後質量変化を、図3に図2をも とにした劣化後質量比を、図4に白亜化の汚れ面積率につい て示す。劣化後質量変化と劣化後質量比は,屋外暴露試験と 同様に25%と85%のデータをまとめた。

2000 時間促進で、2、3 年相当の劣化後質量比を、初期値を 100%として、初期値と比較してどのくらい増減したかをまと め,促進耐候試験の劣化後質量変化と質量比は,5年間の屋外 暴露試験と比較できるようなデータを取ることを想定してい る。図4より、塗材面が最初にひび割れ等が生じて吸水し、 質量が増加するが、それは、樹脂量が少ない25%が顕著で、 その後の溶出も比較的多く、樹脂の少ない場合、劣化による 溶出が促進される可能性が確認できた。

4.建築仕上塗材パネルを用いた屋外暴露試験に関する研究 (研究 3)

4.1 屋外暴露試験の概要

2.2 で示した表 2 をもとに, 八王子市と笛吹市に 45°, 90°, 180°の台をそれぞれ3台ずつ設置して屋外暴露試験を行う。

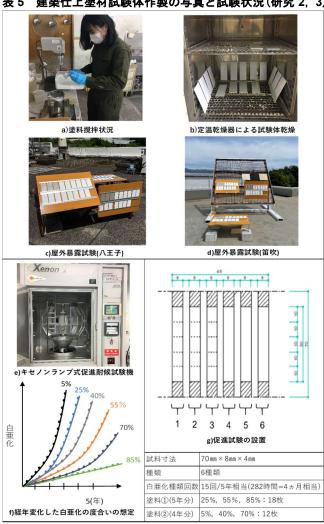
表3の測定項目として,測定項目の紫外線強度測定は,1か 月に2回ほどの測定だが、その他の測定は、2か月ごとに行 う。1 つ目の質量測定は、電子はかりを使用して試験体の汚れ 変化の重さを計量する。2 つ目の白亜化溶出量・面積の計測 は、白亜化テープを使用して測定部分に貼り付け、テープに 付着した汚れの重さを量る。その後、テープの画像解析を行 い,汚れ面積率を算出する。3つ目の色彩値測定は,色差計を 使用して, 色彩値の変化を L*, a*, b*により測定する。4つ 目の光沢度測定は、光沢度計を使用して、光沢度を測定する。

上記の測定のデータをまとめ, 2021 年~2031 年を想定して 試験を行う。

4.2 屋外暴露試験の測定結果

図5に劣化後質量変化の例を、図6に白亜化の汚れ面積率 の推移を、表7に劣化試験体表面の白亜化テープによる剥離 の画像を示す。図6のグラフは、45°の5%から85%の6種類 をまとめたデータで, 汚れ面積率の推移は, 八王子と笛吹で かなりばらつきがあったが、白亜化テープの付着する粒子が 多いのは、5%や25%の樹脂量が少ないからであり、85%の試 験体の汚れ面積率は、相対的に少ない割合となっている。表 7 は、屋外暴露試験と促進耐候試験に使用した白亜化テープ を画像解析した画像で、黒色を汚れと認識する。

表 5 建築仕上塗材試験体作製の写真と試験状況(研究 2, 3)



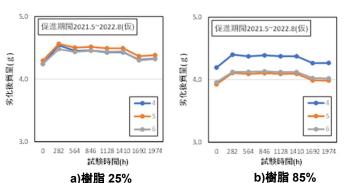


図 2 劣化後質量変化(研究 2, 促進耐候試験: 2,3 年相当)

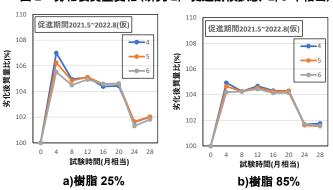


図3 劣化後質量比(研究2,促進耐候試験:2,3年相当)

5.まとめ

- 1)材料の樹脂量,可塑剤量の配合の割合によって,塗料塗り状態は大きく異なり,乾燥状態で,より明確に違いが分かる。
- 2)樹脂量を $5\sim85\%$ まで変えた塗材密度は、 $1.6\sim2.2$ g/cm であり、樹脂の割合によって大きな差があった。
- 3)2021 年 4 月~2021 年 12 月までの屋外暴露試験で使用した 試験体の質量変化は、同様な変化である。
- 4)2021 年 4 月~2021 年 12 月までの汚れ面積率は、試験体によりばらつきがあるが、材齢データの加算を継続する。
- 5)5 年相当の促進耐候試験により、質量変化は評価でき、 劣化後質量比は、25%と 85%ともに同様の変化で推移する が、樹脂量の少ない 25%が著しく、2 年経過時には、大き く減少し、汚れ面積率も同様の傾向となった。

参考文献

- 1)工藤,田村,深澤,杉山,鉄筋コンクリート造建築物全外壁 における白色塗料仕上部の経年変化をふまえた白亜化調査, 日本色彩学会環境色彩研究会研究発表報告,2020
- 2)工藤, 田村, 深澤, 杉山, 劣化した建築用仕上塗材の環境影響改善性に関する研究, その 2, 日本建築学会大会(東海)学術講演会研究発表報告, 2021
- 3)工藤, 田村, 深澤, 杉山, 劣化した建築用仕上塗材の環境影響改善性に関する研究, その3, 日本建築学会関東支部研究発表報告, 2022

謝辞

本研究は、株式会社フッコーとの共同研究を展開したものであり、代表取締役杉山成明氏、技術開発担当深澤宏彰氏に多くのご指導を頂いた。また、東京都立産業技術研究センターの石田裕也氏に多くの協力を得た。

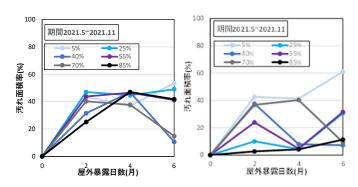


図 6 汚れ面積率の推移(研究 3, 左:八王子, 右:笛吹)

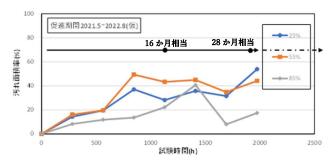


図 4 汚れ面積率の推移(研究 2, 促進耐候試験: 2,3 年相当)

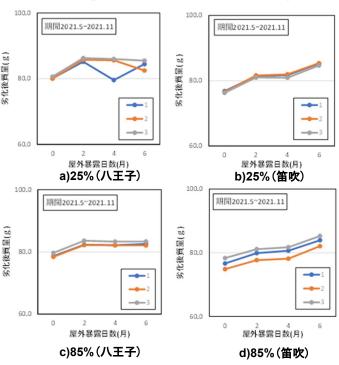


図 5 劣化後質量変化の例(研究 3,屋外暴露:樹脂 25%,85%)

表 7 劣化試験体表面の白亜化テープによる剥離の画像 (研究 2, 3, 黒色部:白亜化粒子の剥離部)

