※無断転載禁止（非売品）

アルミニウム合金製建築材料の
粉体塗装の新しい促進劣化試験方法
についての講演会

（配布資料）

発行日： 2020年2月27日

発行元：一般社団法人軽金属製品協会・アルミニウム合金材料工場塗装工業会

『アルミニウム合金製建築材料の
粉体塗装の促進劣化試験方法開発委員会』

最終報告書の骨子

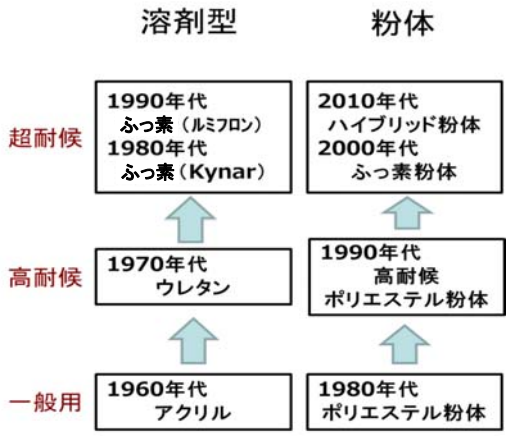
－　促進劣化試験方法の開発意義　－

2020年2月27日

委員長　野　平　　修

■ 本委員会設置の目的

◇ 焼付塗装技術の変遷



◇ 焼付塗装技術の高性能化に伴い、短時日での塗膜性能評価手法の開発の必要性が高まってきた。

問題点

- 建築物の工期は、大半が15～18ケ月というもので、耐候性の評価に4000～5000時間を費やしていては、フィードバックできない。
- 屋外暴露試験では、塗膜性能評価に10年の期間がかかってしまい、案件適用が不可能である。
- 従来の促進劣化試験方法では、屋外暴露試験との相関が低く適用できない。

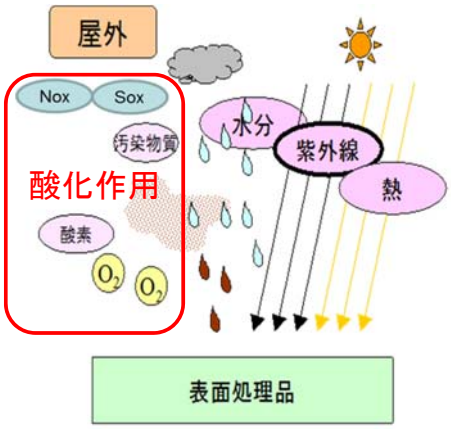
当委員会での対応策の検討

- 軽金属製品協会規格『アルミニウム合金製建築材料粉体塗装性能評価方法(2014年初版・2016年改訂)』（委員長：近藤照夫ものつくり大学名誉教授）では、耐候性について、南西諸島での屋外暴露、1年及び2年の結果で耐候性を評価することが決定されています。
- 今後採用の増加が見込まれるハイブリッド粉体塗料を対象に代表的な色を設定し、複数の塗料メーカーに塗料の提供を依頼し、沖縄県の宮古島及び伊計島をベースと定め、他に日高（埼玉県）、市原（千葉県）、黒部（富山県）を自然暴露地に加え、屋外暴露のデータを取るようにしました。
- 促進劣化試験方法としては、① 過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験と② メタルハライドランプ式促進耐候性試験を採用して、前述の5地点での屋外暴露結果との相関を高くする試験水準を定めることにしました。

◇ 目的としては、実暴露試験では10年かかる屋外暴露試験結果との相関性が高く、外装建材の塗膜の耐候性を短時日（50時間程度）で評価できる促進耐候性試験の仕様等を決定することと定めた。

■ 屋外暴露試験と促進耐候性試験の違い

■ 屋外暴露での塗膜劣化因子



■ 暴露場の立地による違い（中温ふっ素、グレー）

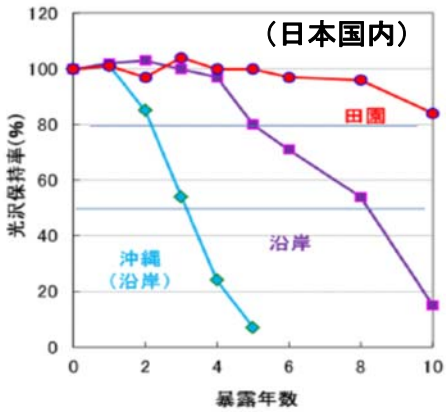


表１　各種促進劣化試験（強度：+++ ＞ ++ ＞ +）

試験方法		紫外線	温度・水	酸化作用（光触媒）	想定時間（ふっ素）	ﾌﾟﾚｽﾀﾃﾞｨ実施項目
過酸化水素水噴霧型	(A)	+	+	+	1000～2000h	
キセノンランプ式※	(B)	+	+	++	100～200h	○
メタルハライドランプ式		++	+		500～1000h	○
サンシャインカーボンアーク灯式		+	+		6000～8000h	○
水銀放電灯式		+++	+		50～100h	○
キセノンランプ式		+	+		8000～10000h	

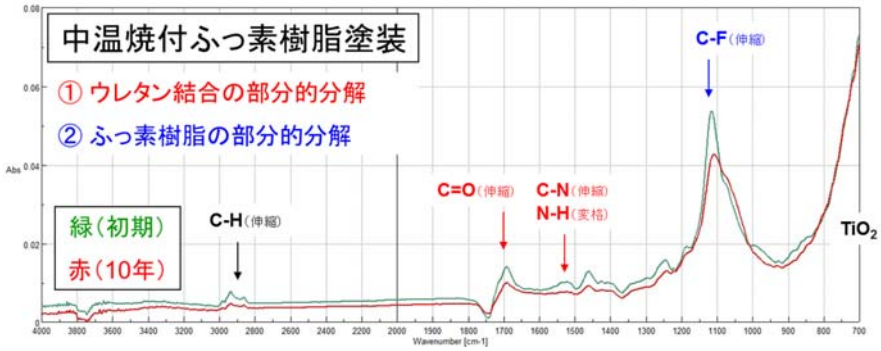
※試験条件Ａは塗料全般、試験条件Ｂは塗料用酸化チタン顔料の耐候性評価に適するとされる。

「促進性」を重視して、50時間での評価を目指す。

一般的な促進耐候性試験 JIS H 8602（複合皮膜）

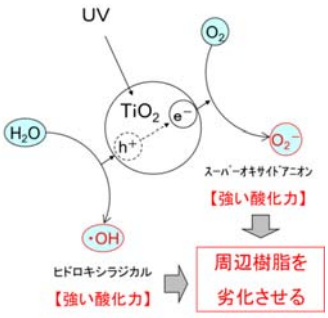
■ 酸化・光触媒作用を利用した促進耐候性試験の有効性の確認

■ 中温ふっ素の塗膜劣化 （酸化作用→加水分解など）



■ 酸化チタン（白顔料）の光触媒作用（白色系が塗膜劣化が速い）

酸化チタン： 水・酸素の存在下で紫外線が当たると強い酸化力をもつラジカル発生



過酸化水素噴霧キセノンランプ（HE-XWM）
容易に水に溶け、酸素を放出する

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

水と共に塗膜に侵入して、
塗膜中への酸素供給を加速

光触媒作用の加速

キセノンウェザー

■ 最終報告書の総括

（対象：ふっ素／ポリエステル複合樹脂粉体塗料）

■ 屋外暴露試験の結果

- 日本国内の気象環境が異なる5暴露地において屋外暴露試験を実施した結果、2～3年経過した時点で、一部の水準に関して複数の暴露地において顕著な色調変化あるいは光沢低下が確認された。

■ 超促進耐候性試験の結果

① 過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験

- 試験開始から早い段階で一部水準において色調あるいは光沢の変化が生じるなど、色調あるいは塗料種（メーカー）による有意差を認めた。

② メタルハライドランプ式促進耐候性試験

- 過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験には及ばないが、約1000時間程度で各水準に優劣が確認された。

■ 塗膜表面の観察・分析

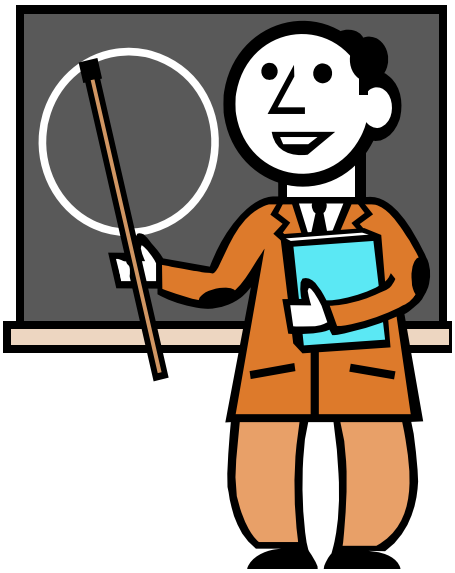
- 塗膜表面の観察・分析手法として、SEM観察とIR分析を実施したが、屋外暴露後と促進耐候性試験後とでの差異を視覚的に把握することができた。
- 塗膜劣化性状を客観的に評価できたことは、両者の相関性を把握するうえで有意義であった。
- 白系塗料、シルバー系塗料で、屋外暴露試験後と過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験後で、同様の塗膜劣化性状を示す試験水準を選定できた。
- 本分析手法は、特殊機器を使用するため、かなり専門的であるが、促進耐候性試験の有効性を客観的に示す意味では価値が高い。

◇ 最終報告書の提言

- 光触媒反応による早期劣化が懸念される塗料を、50時間程度の短時間で検出する方法として、過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験が有効であると思料できる。
- 外装の色として多用され、光触媒反応による早期劣化が懸念される塗料の色、白系、シルバー系については、凡そ、約50時間の超促進耐候性試験で、南西諸島での屋外暴露2年の劣化傾向に相当する結果が得られる。
- 今回の提言は完璧とは言い切れないが、着工から竣工までの工期が1年半、18か月前後の中規模建築の大半の外装用塗料の選定にあたって、目安を付けるには実務的に有効な評価手法であると考える。

ご清聴ありがとうございました。

今回、本発表ができましたのは、
近藤照夫ものつくり大学名誉教授が委員長をされた
軽金属製品協会規格
『アルミニウム合金製建築材料粉体塗装性能評価方法(2014年初版・2016年改訂)』で、
『耐侯性については、南西諸島での屋外暴露、1年及び2年の結果で耐侯性を評価すること』と
定量的な評価基準を決定して頂けたからです。
この評価基準に照合させる形で、
『過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐侯性試験』を用いて、50時間で評価する手法
を今回提案させて頂きました。
この場をお借りして
近藤照夫ものつくり大学名誉教授に
感謝の意を評させて頂きます。



【委員会活動報告】

アルミニウム合金製建築材料

粉体塗装製品の早期耐候性評価方法検討

2020年2月27日　@日本教育会館

一般社団法人 軽金属製品協会 JAPA

アルミニウム合金材料工場塗装工業会 ABA

1. はじめに

■ 活動背景

【環境配慮】

アルミニウム外装建材に対する粉体塗装の普及展開

塗料・・・ふっ素/ポリエステル複合樹脂粉体塗料の開発・上市

- ふっ素樹脂とポリエステルの配合比率が製品により一律でない
- 塗膜構造(複合樹脂の相分離・顔料分布)が各社で異なる

⇒ 製品により耐候性にバラツキ

評価方法・・・旧来の促進耐候性試験

- 粉体塗装に関して暴露試験との相関が低い
- 試験評価に長期を要する

⇒ 塗料選定段階で実色での耐候性を確認できない

粉体塗装の耐候性を早期に評価可能な試験方法の開発・検討

『Al合金製建築材料の粉体塗装の促進劣化試験方法開発WG』立上げ(2015年)

■ 委員会概要

2015.11～ 『アルミニウム合金製建築材料の粉体塗装の促進劣化試験方法開発WG』発足

委員長: 野平 修 (野平外装技術研究所、元鹿島建設)

委員: (10→12社)

【JAPA】CWメーカー(4)、試験機メーカー(1) 賛助会員含む

【ABA】塗装業者(1)、塗料メーカー(3) 、樹脂メーカー(1)

※本スタディより 設計事務所(1)、塗装業者(1)参画

プレスタディ開始

2016.07 ⇒ プレスタディ報告書作成(委員会内部資料)

2016.9～ 『アルミニウム合金製建築材料の粉体塗装の促進劣化試験方法開発委員会』設置

本スタディ開始

2020.01 ⇒ 最終報告書完成

軽金属製品協会(JAPA), Al合金材料工場塗装工業会(ABA)中心に構成

2. 研究概要

■ 委員会活動（共同研究）概要

評価対象：ふっ素/ポリエステル(PE)複合樹脂粉体塗装

・塗料：３社　（国内メーカー２社、海外メーカー1社）

・色相：６色　白　黒　さび　シルバー（メタリック）　青　グレー

※比較として、ポリエステル粉体塗装（Qualicoat Class2相当）、溶剤系ふっ素樹脂塗装（熱可塑形）(グレー色等)も追加

1. 屋外暴露試験による耐候性評価

・暴露場所：国内５暴露地　（南西諸島×2、内陸部、工業地帯、寒冷地）

・暴露期間：3年(目安)　※延長(継続中)

2. 超促進耐候性試験機による耐候性評価

Ⅰ. メタルハライドランプ式：MH

Ⅱ. 過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式：H_2O_2-XWM

※比較として、サンシャインカーボンアーク灯式：SWM　も実施

早期評価を視野に、超促進耐候性試験と屋外暴露試験の相関を検証

■ 試験評価概要

【活動期間】

○プレスタディ (WG)　：2015年11月～2016年8月　暴露試験、各種促進試験

● 本スタディ (委員会)：2016年　9月～　　〃　　〈追加〉

【試験片】

素地　　：アルミニウム合金押出形材(A6063S-T5)

素地調整　：6価クロム系化成処理

塗装(塗料):

塗料種	塗料メーカー	塗装色 白 RAL 9016 近似色	黒 RAL 9005 近似色	さび RAL 3009 近似色	シルバー RAL 9006 近似色	グレー 日塗工 N7 近似色	青 RAL 5010 近似色
ふっ素／ポリエステル複合樹脂粉体塗料	①	○●*	○	○	○	●	●
	②	○	○	○	○	―	―
	③	○●*	○	○	―	●	●
高耐候ポリエステル粉体塗料	③	―	―	―	―	●	―
熱可塑形ふっ素樹脂塗料(溶剤系)	①	―	―	―	●	●	―

○：プレスタディ実施水準、●：本スタディ追加水準　＊：再現性確認用(屋外暴露試験のみ)

ふっ素/ポリエステル複合樹脂粉体塗料(3製品)の耐候性を6色で評価

■ 試験評価概要(続き)

【試験項目】

試験名称		試験時間	測定間隔
屋外暴露試験(5 暴露地)		3 年*	半年毎
超促進耐候性試験	メタルハライドランプ式(2 機種)	1,008 時間	168 時間毎
	過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式(2 機種)	250 時間	10 時間毎
促進耐候性試験	サンシャインカーボンアーク灯式(2 条件)	8,000 時間	500 時間毎

＊：3 年以降も塗膜の状態を定期的に確認して中止・継続(延長)を判断

【評価内容】

評価項目	評価方法
色調変化(色差⊿E^*_{ab})	試験前後の塗膜の色調(L^*、a^*、b^*)を測定(JIS K 5600-4-5)し、算出
光沢変化(光沢保持率)	試験前後の塗膜の 60°鏡面光沢度を測定(JIS K 5600-4-7)し、算出
塗膜表面の状態変化	試験前後の塗膜の表面状態を SEM 観察および FT-IR 分析

屋外暴露試験(5暴露地)と超促進耐候性試験(2種類×2機種)を実施

3. 試験方法

■ 試験方法（屋外暴露試験）

【試験場所・暴露条件】

		南西諸島	南西諸島（沿岸）	内陸部		臨海工業地域	寒冷地（積雪地域）
暴露地		宮古島*1（沖縄県）	伊計島（沖縄県）	日高（埼玉県） →	新宿*2（東京都）	市原（千葉県）	黒部（富山県）
緯度（北緯）		24°44′	26°38′	35°54′	35°41′	35°31′	36°54′
経度（東経）		125°19′	127°99′	139°24′	139°42′	140°05′	137°25′
海抜		50m	4m	41m	38m	3.0m	9.6m
海岸からの距離		約 2.0km	約 15m	約 43km	約 10km	約 0.4km	約 1.5km
全天日射量*3 [MJ/m²]		14.8	14.6（那覇）	13.1（東京）		14.1（銚子）	12.4（富山）
年間降水量*3 [mm]		1940	2220（那覇）	1370（鳩山）	1666（東京）	1554（木更津）	2689（魚津）
暴露方位・角度		南面 20°	南面 26°	南面 45°		南面 45°	南面 45°
試験開始	ﾌﾟﾚｽﾀﾃﾞｨ	2016.03.09～	2016.02.20～	2016.03.10～		2016.03.25～	2016.03.17～
	本ｽﾀﾃﾞｨ	2017.03.30～	2017.02.03～	2017.03.10～		2017.03.24～	2017.03.22～

*1：JWTC：（一財）日本ウエザリングテストセンター　　*2：2019 年 3 月より新宿（東京都）に変更

*3：気象庁 HP より暴露地近隣の観測所における 2006～2015 年の計測値（年平均）を掲載（宮古島除く）

南西諸島をはじめ気象環境が異なる5地域を暴露地として選定

■試験方法（屋外暴露試験）

【暴露場周囲の状況】

©地理院地図（電子国土 Web）

宮古島(沖縄)

強紫外線地域

伊計島(沖縄)

強紫外線地域(沿岸部)

日高(埼玉)

内陸部

市原(千葉)

臨海工業地域

黒部(富山)

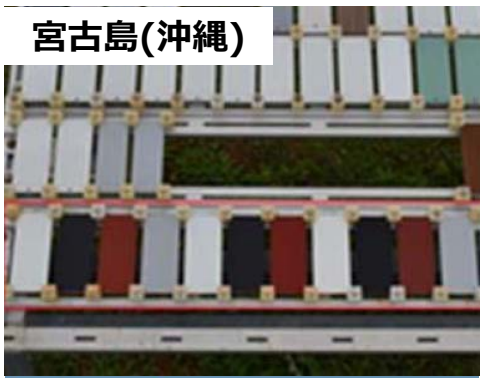
寒冷地(積雪地域)

■試験方法（屋外暴露試験）

【暴露場周囲の状況】

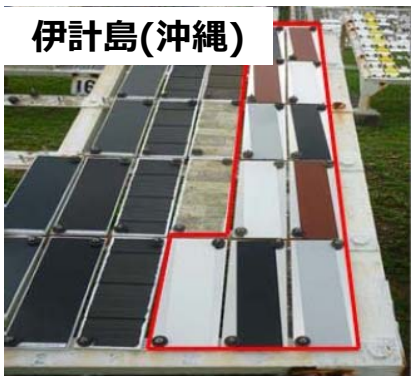
©地理院地図（電子国土 Web）

宮古島(沖縄)



強紫外線地域

伊計島(沖縄)



強紫外線地域(沿岸部)

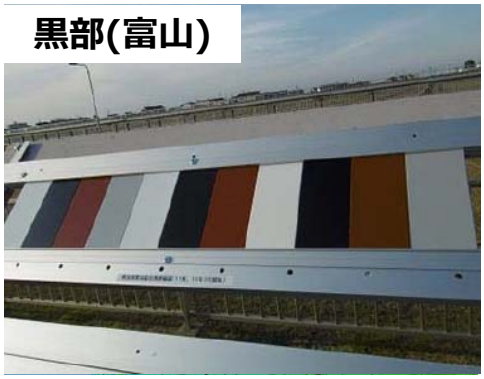
日高(埼玉)

内陸部

市原(千葉)

臨海工業地域

黒部(富山)



寒冷地(積雪地域)

■ 試験方法（超促進耐候性試験Ⅰ）

【メタルハライドランプ式】

		メタルハライドランプ式促進耐候性試験	
		機種 A	機種 B
試験装置	機種(メーカー)	メタリング®ウェザーメーター* M6T（スガ試験機㈱製）	メタルウェザー®* KU-R5N-A（ダイプラ・ウィンテス㈱製）
	光源	メタルハライドランプ（水冷式）	←
	フィルター	石英（ｲﾝﾅｰ）、#295（ｱｳﾀｰ）	石英(KF-1；295-780 nm)
試験条件	放射照度	1,000W/ m² (at 300-400 nm)	800W/ m² (at 295-780 nm)
	B.P.T	63℃（照射時）	←
	槽内温度	30℃（暗黒結露時）	←
	槽内湿度	70%RH（照射時）、98%RH（暗黒結露時）	←
	試験サイクル	ステップ 1：照射 ：4 時間 ステップ 2：純水スプレー ：(10 秒) ステップ 3：暗黒結露 ：4 時間 ステップ 4：純水スプレー ：(10 秒) （ステップ 1～4 繰り返し 21 回） 計 168 時間／サイクル ※ステップ 2、4 は試験時間から除く	
試験片寸法		50mm×45mm	50mm×50mm
試験時間		1,008 時間（6 サイクル） ※168 時間（1 サイクル）毎に測定	
試験期間	プレスタディ	2017 年 8 月 18 日～9 月 29 日	2016 年 2 月 26 日～4 月 12 日
	本スタディ	2017 年 8 月 18 日～9 月 29 日	2016 年 12 月 19 日～2017 年 2 月 23 日

*：メタリング®はスガ試験機㈱、メタルウェザー®はダイプラ・ウィンテス㈱の登録商標です。

機種 A

機種 B

メタルハライドランプ・・・太陽光の約20～30倍の紫外線量

放射照度の異なる2機種による評価を実施(試験サイクルは統一)

■ 試験方法（超促進耐候性試験Ⅱ）

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】

		過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式促進耐候性試験	
		機種 C	機種 D
試験装置	機種(メーカー)	SX - H_2O_2 （スガ試験機㈱製）	ウエザオメータ Ci4000（ATLAS 製） ＋HE システム （㈱東洋精機製作所製）
	光源	キセノンランプ（水冷式）	←
	フィルター	石英（ｲﾝﾅｰ）、#295（ｱｳﾀｰ）	Type S ボロシリケイト（ｲﾝﾅｰ、ｱｳﾀｰ）
試験条件	放射照度	80W/m² (at 300-400 nm)	←
	B.P.T	50℃（ステップ 2）	←
	槽内温度	35℃（ステップ 1、3）	←
	槽内湿度	70%RH	←
	過酸化水素濃度	1%	←
	試験サイクル	ステップ 1：照射＋過酸化水素水噴霧 ：3 分 ステップ 2：照射 ：2 分 （ステップ 1⇔ステップ 2 ×24 回） 計 120 分 ステップ 3：暗黒＋純水スプレー ：30 分 （ステップ 1～3 ×4 回） 計 600 分／サイクル	
試験片寸法		150mm×70mm	
試験時間		250 時間（25 サイクル） ※10 時間（1 サイクル）毎に測定	
試験期間	プレスタディ	2016 年 3 月 7 日～4 月 20 日	2016 年 2 月 29 日～4 月 15 日
	本スタディ	2017 年 1 月 23 日～3 月 7 日	2017 年 1 月 6 日～2 月 14 日

機種 C

機種 D

キセノンランプ・・・太陽光に近似した分光分布を有する

過酸化水素水・・・酸化剤としてスプレー噴霧

試験条件(サイクル)を統一した形で2機種による評価を実施

■ 試験方法（促進耐候性試験）

【サンシャインカーボンアーク灯式】

		サンシャインカーボンアーク灯式促進耐候性試験	
		条件① (JIS H 8602 準拠法)	条件② (JIS K 5400(改)法)
試験装置	機種(メーカー)	S80HB (スガ試験機㈱製)	S80 (スガ試験機㈱製)
	フィルター	ガラス製フィルター、種類 A	←
試験条件	放射照度	255W/ m² (at 300~700 nm)	←
	B.P.T	63±3℃	←
	槽内湿度	50±5%RH	←
	水の噴霧時間	48min 照射後に, 12min 照射＋水の噴霧	51min 照射後に、9min 照射＋水の噴霧*
	水質(電気伝導度)	2μS／cm 以下	←
	噴霧圧	0.08～0.12MPa	←
試験片寸法		150mm×70mm	50mm×70mm
試験時間		8,000 時間 ※500 時間毎に測定	
試験期間	プレスタディ	2016 年 3 月　1 日～2017 年 4 月 12 日	2016 年 3 月 10 日～2017 年　7 月 31 日
	本スタディ	2017 年 4 月 18 日～2018 年 5 月 24 日	2017 年 3 月 25 日～2018 年 10 月　3 日

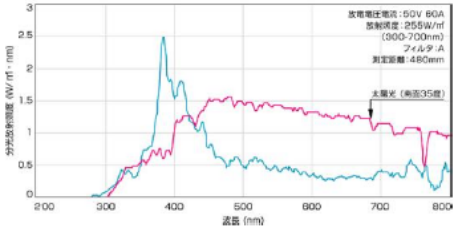
*：JIS K 5400(廃止規格)では、102min 照射後に 18min 照射および水の噴霧としているが、本試験では上記条件にて実施。

機種

サンシャインカーボンアーク灯・・・キセノンランプより促進性あり。

※太陽光より紫外線量が多い波長域あり

サンシャインカーボンアークの分光放射照度分布



建材分野で旧来より主流の促進試験方法を比較として実施

4. 試験結果

4.1 屋外暴露試験

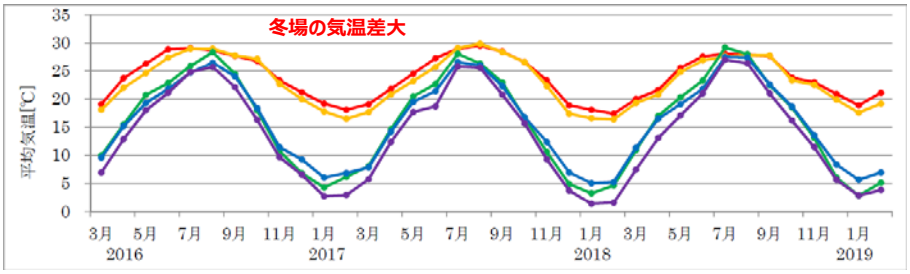
■ 試験結果（屋外暴露試験）

【気象データ比較検証】

暴露試験期間中の気象データ･･･ 2016.3～2019.2(３年間)

暴露地		宮古島 (沖縄)	伊計島 (沖縄)	日高 (埼玉)	→ 新宿 (東京)	市原 (千葉)	黒部 (富山)
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(宮城島)	暴露場内	(東京)	(木更津)	(魚津)
気温[℃]	月平均	**24.0**	23.2	16.0	16.3	16.0	**13.9**
降水量[mm]	年計	1876.9	1753.5	1772.3	**1523.5**	**1518.0**	**2574.0**
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(那覇)	暴露場内	(東京)	(銚子)	(富山)
湿度[%RH]	月平均	**81.0**	73.5	**66.5**	68.9	76.6	76.3
全天日射量０°[MJ/㎡]	月平均	**15.7**	14.9	*13.2	13.4	14.3	**12.8**

*:45°



平均気温の推移

- 宮古島
- 伊計島(那覇)
- 日高
- 市原(銚子)
- 黒部(富山)
- (東京)

南西諸島は日射量多く高温多湿、黒部は日射量少なく低温多雨(雪)

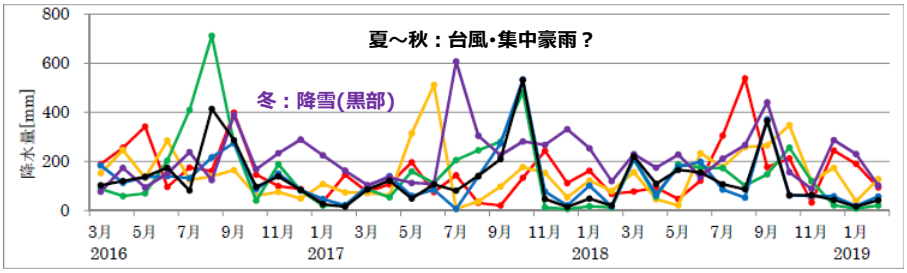
■ 試験結果（屋外暴露試験）

【気象データ比較検証】

暴露試験期間中の気象データ･･･ 2016.3～2019.2(３年間)

暴露地		宮古島 (沖縄)	伊計島 (沖縄)	日高 (埼玉)	→ 新宿 (東京)	市原 (千葉)	黒部 (富山)
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(宮城島)	暴露場内	(東京)	(木更津)	(魚津)
気温[℃]	月平均	**24.0**	23.2	16.0	16.3	16.0	**13.9**
降水量[mm]	年計	1876.9	1753.5	1772.3	**1523.5**	**1518.0**	**2574.0**
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(那覇)	暴露場内	(東京)	(銚子)	(富山)
湿度[%RH]	月平均	**81.0**	73.5	**66.5**	68.9	76.6	76.3
全天日射量０°[MJ/㎡]	月平均	**15.7**	14.9	*13.2	13.4	14.3	**12.8**

*:45°



降水量の推移

- 宮古島
- 伊計島(那覇)
- 日高
- 市原(銚子)
- 黒部(富山)
- (東京)

南西諸島は日射量多く高温多湿、黒部は日射量少なく低温多雨(雪)

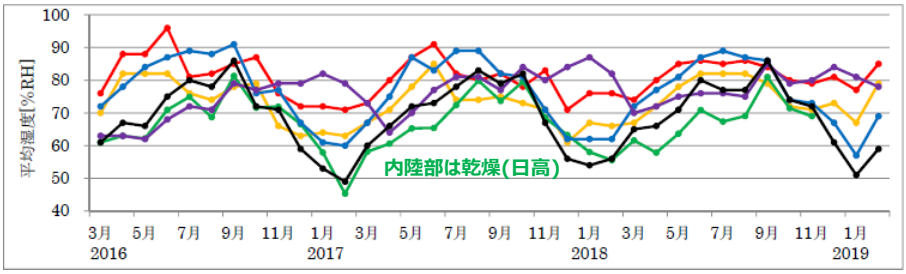
■ 試験結果（屋外暴露試験）

【気象データ比較検証】

暴露試験期間中の気象データ･･･ 2016.3～2019.2(３年間)

暴露地		宮古島 (沖縄)	伊計島 (沖縄)	日高 (埼玉)	→ 新宿 (東京)	市原 (千葉)	黒部 (富山)
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(宮城島)	暴露場内	(東京)	(木更津)	(魚津)
気温[℃]	月平均	**24.0**	23.2	16.0	16.3	16.0	**13.9**
降水量[mm]	年計	1876.9	1753.5	1772.3	**1523.5**	**1518.0**	**2574.0**
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(那覇)	暴露場内	(東京)	(銚子)	(富山)
湿度[%RH]	月平均	**81.0**	73.5	**66.5**	68.9	76.6	76.3
全天日射量０°[MJ/㎡]	月平均	**15.7**	14.9	*13.2	13.4	14.3	**12.8**

*:45°



平均湿度の推移

- 宮古島
- 伊計島(那覇)
- 日高
- 市原(銚子)
- 黒部(富山)
- (東京)

南西諸島は日射量多く高温多湿、黒部は日射量少なく低温多雨(雪)

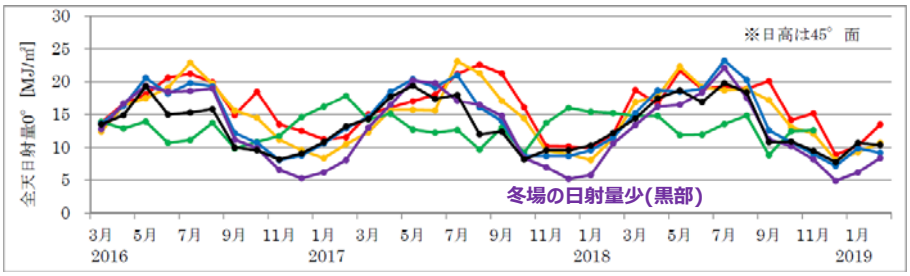
■ 試験結果（屋外暴露試験）

【気象データ比較検証】

暴露試験期間中の気象データ･･･ 2016.3～2019.2(３年間)

暴露地		宮古島 (沖縄)	伊計島 (沖縄)	日高 (埼玉)	→ 新宿 (東京)	市原 (千葉)	黒部 (富山)
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(宮城島)	暴露場内	(東京)	(木更津)	(魚津)
気温[℃]	月平均	**24.0**	23.2	16.0	16.3	16.0	**13.9**
降水量[mm]	年計	1876.9	1753.5	1772.3	**1523.5**	**1518.0**	**2574.0**
計測地(近隣気象庁観測所データ)		暴露場内	(那覇)	暴露場内	(東京)	(銚子)	(富山)
湿度[%RH]	月平均	**81.0**	73.5	**66.5**	68.9	76.6	76.3
全天日射量０°[MJ/㎡]	月平均	**15.7**	14.9	*13.2	13.4	14.3	**12.8**

*:45°



全天日射量の推移

- 宮古島
- 伊計島(那覇)
- 日高
- 市原(銚子)
- 黒部(富山)
- (東京)

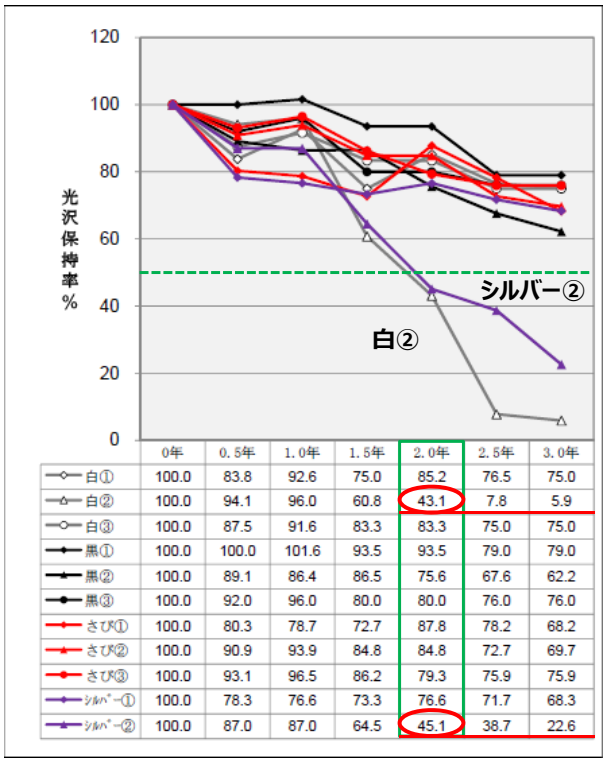
南西諸島は日射量多く高温多湿、黒部は日射量少なく低温多雨(雪)

■ 試験結果（屋外暴露試験）

光沢保持率

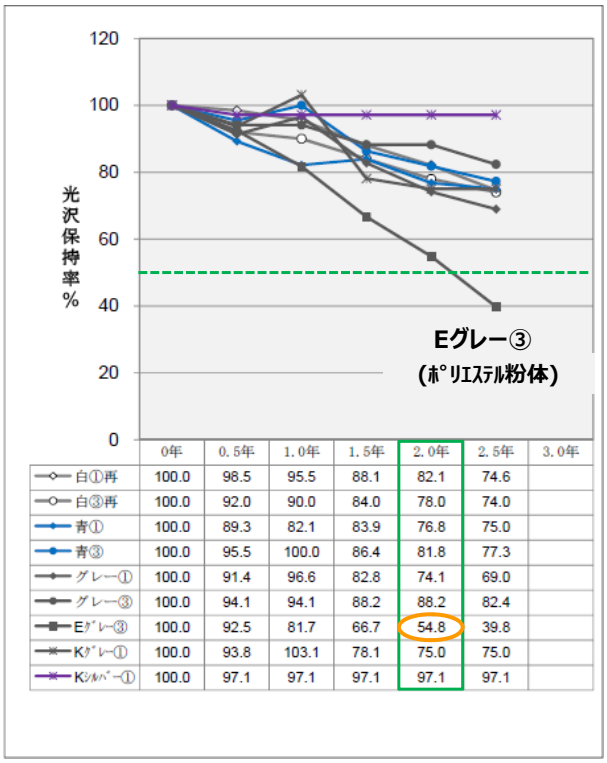
【宮古島(沖縄)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	100.0	83.8	92.6	75.0	85.2	76.5	75.0
白②	100.0	94.1	96.0	60.8	43.1	7.8	5.9
白③	100.0	87.5	91.6	83.3	83.3	75.0	75.0
黒①	100.0	100.0	101.6	93.5	93.5	79.0	79.0
黒②	100.0	89.1	86.4	86.5	75.6	67.6	62.2
黒③	100.0	92.0	96.0	80.0	80.0	76.0	76.0
さび①	100.0	80.3	78.7	72.7	87.8	78.2	68.2
さび②	100.0	90.9	93.9	84.8	84.8	72.7	69.7
さび③	100.0	93.1	96.5	86.2	79.3	75.9	75.9
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	78.3	76.6	73.3	76.6	71.7	68.3
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	87.0	87.0	64.5	45.1	38.7	22.6

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	100.0	98.5	95.5	88.1	82.1	74.6	
白③再	100.0	92.0	90.0	84.0	78.0	74.0	
青①	100.0	89.3	82.1	83.9	76.8	75.0	
青③	100.0	95.5	100.0	86.4	81.8	77.3	
グレー①	100.0	91.4	96.6	82.8	74.1	69.0	
グレー③	100.0	94.1	94.1	88.2	88.2	82.4	
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	92.5	81.7	66.7	54.8	39.8	
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	93.8	103.1	78.1	75.0	75.0	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	97.1	97.1	97.1	97.1	97.1	

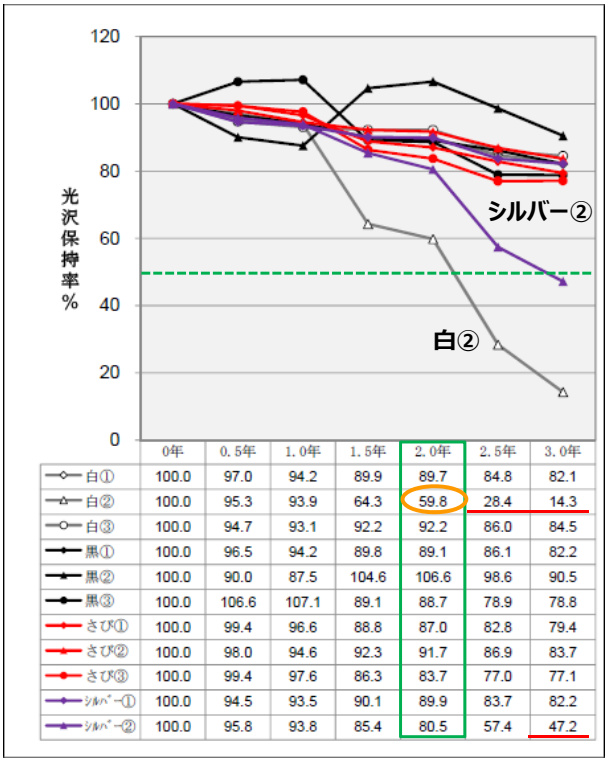
宮古島では白②、シルバー②の光沢保持率が２年で半減（塗料・色により格差）

■ 試験結果（屋外暴露試験）

光沢保持率

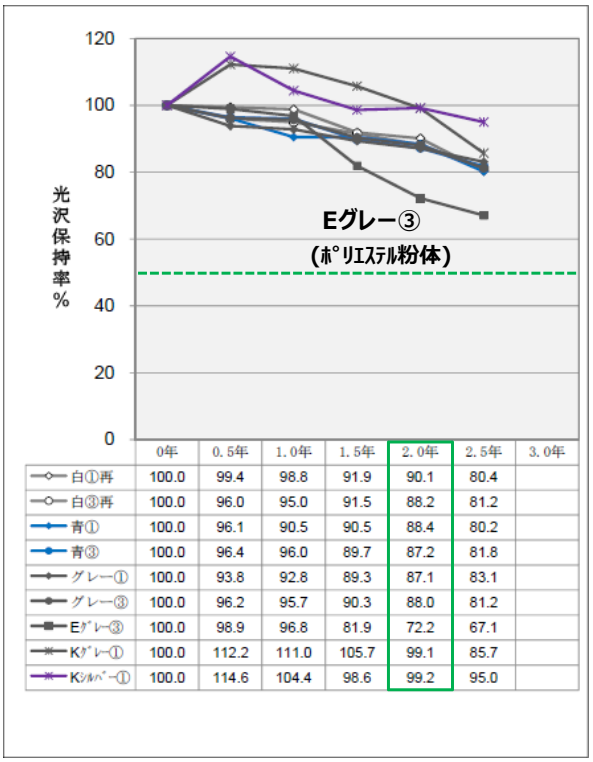
【伊計島(沖縄)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	100.0	97.0	94.2	89.9	89.7	84.8	82.1
白②	100.0	95.3	93.9	64.3	59.8	28.4	14.3
白③	100.0	94.7	93.1	92.2	92.2	86.0	84.5
黒①	100.0	96.5	94.2	89.8	89.1	86.1	82.2
黒②	100.0	90.0	87.5	104.6	106.6	98.6	90.5
黒③	100.0	106.6	107.1	89.1	88.7	78.9	78.8
さび①	100.0	99.4	96.6	88.8	87.0	82.8	79.4
さび②	100.0	98.0	94.6	92.3	91.7	86.9	83.7
さび③	100.0	99.4	97.6	86.3	83.7	77.0	77.1
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	94.5	93.5	90.1	89.9	83.7	82.2
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	95.8	93.8	85.4	80.5	57.4	47.2

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	100.0	99.4	98.8	91.9	90.1	80.4	
白③再	100.0	96.0	95.0	91.5	88.2	81.2	
青①	100.0	96.1	90.5	90.5	88.4	80.2	
青③	100.0	96.4	96.0	89.7	87.2	81.8	
グレー①	100.0	93.8	92.8	89.3	87.1	83.1	
グレー③	100.0	96.2	95.7	90.3	88.0	81.2	
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	98.9	96.8	81.9	72.2	67.1	
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	112.2	111.0	105.7	99.1	85.7	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	114.6	104.4	98.6	99.2	95.0	

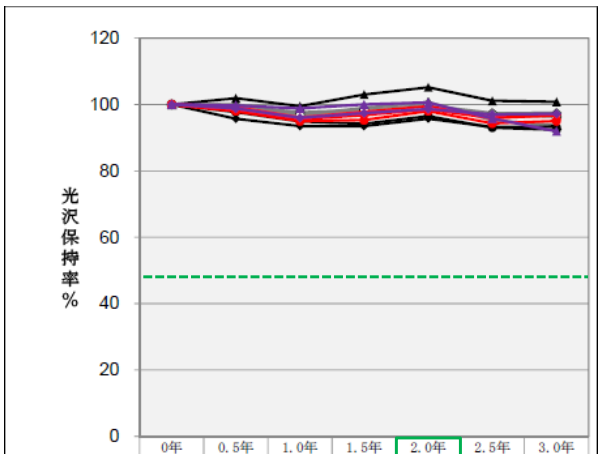
伊計島でも白②、シルバー②の光沢保持率が著しく低下(ポリエステル系より顕著)

■ 試験結果（屋外暴露試験）

光沢保持率

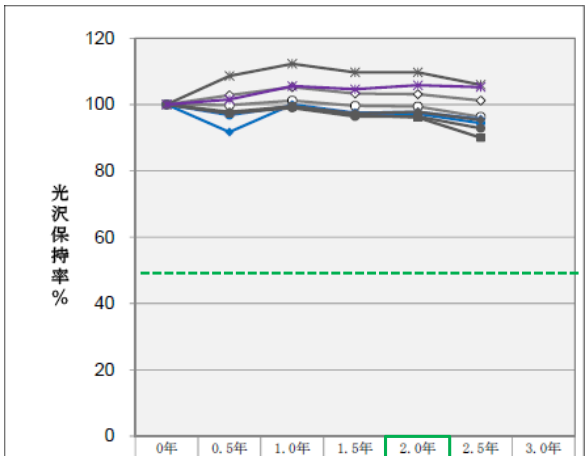
【日高(埼玉)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	100.0	99.7	97.6	98.3	99.7	97.4	97.4
白②	100.0	100.0	96.8	99.0	100.7	95.2	93.8
白③	100.0	99.0	96.7	98.2	99.6	96.9	96.3
黒①	100.0	95.7	93.5	93.5	95.7	93.2	93.4
黒②	100.0	101.9	99.5	103.0	105.2	101.1	100.8
黒③	100.0	97.7	94.9	94.2	96.5	93.0	92.4
さび①	100.0	98.2	95.5	96.8	98.5	95.9	96.8
さび②	100.0	99.2	96.1	97.8	99.4	96.1	96.7
さび③	100.0	98.0	95.0	95.3	98.0	94.3	95.0
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	98.8	96.0	97.4	98.6	97.0	97.2
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	99.7	98.8	100.0	100.6	95.8	91.9

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	100.0	102.8	105.2	103.3	103.1	101.2	
白③再	100.0	99.8	101.2	99.6	99.4	96.3	
青①	100.0	91.7	100.0	97.5	97.7	95.6	
青③	100.0	96.8	99.6	97.2	97.2	94.4	
グレー①	100.0	97.8	99.5	97.3	97.8	95.3	
グレー③	100.0	97.4	99.0	96.4	96.4	92.8	
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	97.3	99.5	96.9	96.1	90.0	
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	108.6	112.3	109.7	109.7	105.9	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	101.5	105.5	104.6	105.8	105.2	

※2.0年経過後に新宿(東京都)に移設

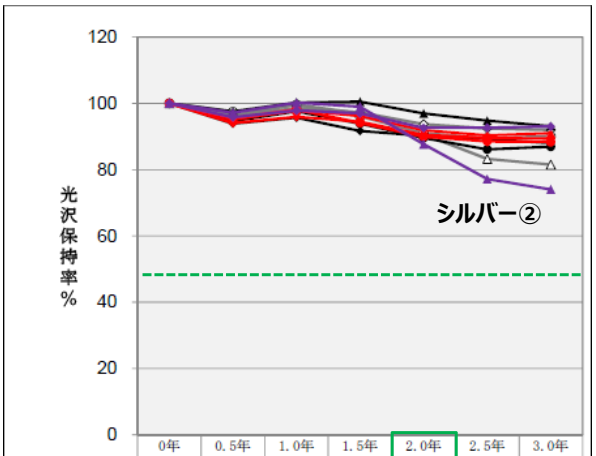
日高では2.5～３年経過してもいずれも顕著な光沢変化なし

■ 試験結果（屋外暴露試験）

光沢保持率

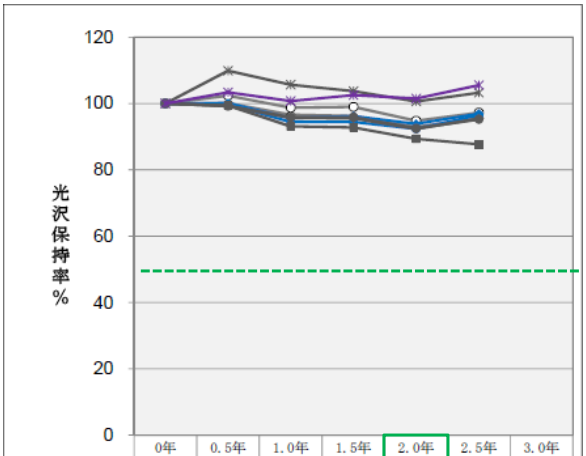
【市原(千葉)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	100.0	96.3	98.6	97.3	93.7	92.4	92.0
白②	100.0	96.4	99.6	97.0	90.7	83.2	81.5
白③	100.0	97.4	99.6	96.1	91.0	89.5	90.0
黒①	100.0	93.9	95.7	91.7	90.2	89.2	88.0
黒②	100.0	97.6	100.2	100.5	96.9	94.8	93.1
黒③	100.0	94.6	97.6	93.9	89.6	86.1	86.9
さび①	100.0	94.1	96.0	94.4	90.5	89.6	89.3
さび②	100.0	95.2	97.9	96.2	91.9	90.3	91.0
さび③	100.0	95.4	98.2	94.1	90.0	88.5	88.4
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	95.8	97.9	97.0	92.6	92.6	93.0
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	97.2	100.2	99.0	87.7	77.2	74.0

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	100.0	100.1	96.6	96.2	92.9	95.6	
白③再	100.0	102.4	98.7	99.0	94.8	97.2	
青①	100.0	100.1	95.6	96.2	93.9	96.9	
青③	100.0	99.7	94.4	94.4	92.3	96.5	
グレー①	100.0	99.3	95.7	95.5	92.3	95.4	
グレー③	100.0	99.2	95.8	95.8	92.5	95.2	
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	99.4	93.1	92.8	89.3	87.7	
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	109.9	105.7	103.7	100.6	103.3	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	103.4	100.7	102.5	101.5	105.5	

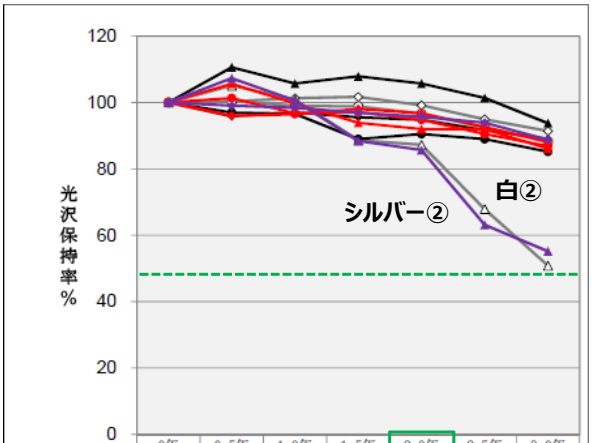
市原も顕著な変化なし(僅かにシルバー②、白②に光沢低下の兆候)

■ 試験結果（屋外暴露試験）

光沢保持率

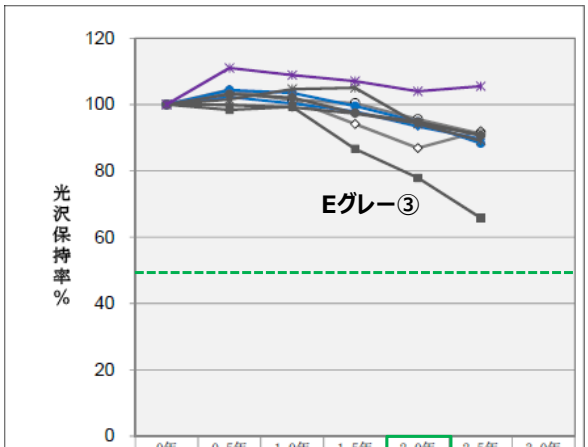
【黒部(富山)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	100.0	100.3	101.3	101.7	99.2	94.9	91.4
白②	100.0	105.1	100.9	88.6	87.2	67.9	50.9
白③	100.0	100.4	99.0	98.8	96.6	92.5	88.1
黒①	100.0	95.8	97.0	95.5	94.8	91.7	89.0
黒②	100.0	110.6	105.7	107.9	105.7	101.4	93.8
黒③	100.0	97.0	96.6	89.0	90.5	89.0	85.2
さび①	100.0	96.0	96.4	98.1	96.7	92.6	88.1
さび②	100.0	105.6	99.7	93.9	92.0	92.0	86.1
さび③	100.0	101.3	96.7	97.0	94.8	90.5	86.9
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	99.0	98.4	97.0	95.7	93.9	88.8
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	107.3	100.6	88.4	85.7	63.1	55.2

2016年開始

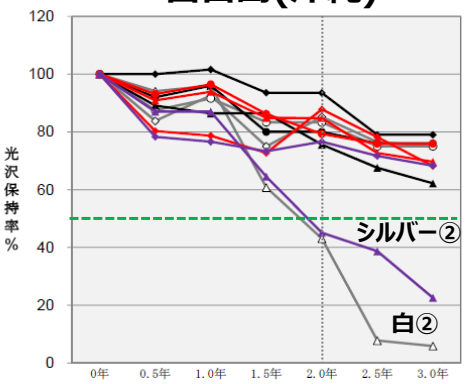


	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	100.0	104.5	101.4	94.1	86.9	92.0	
白③再	100.0	103.6	101.4	100.4	95.6	91.2	
青①	100.0	102.3	100.3	97.9	93.4	89.6	
青③	100.0	104.3	103.5	99.6	94.8	88.3	
グレー①	100.0	99.8	99.1	97.3	94.3	90.8	
グレー③	100.0	103.1	102.1	97.4	94.8	90.7	
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	98.4	99.3	86.6	77.9	65.8	
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	101.6	104.7	105.0	94.2	89.1	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	111.0	108.9	107.0	104.0	105.5	

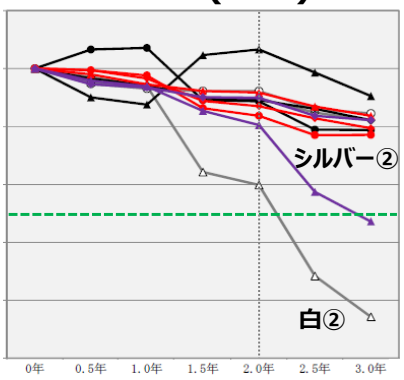
黒部では南西諸島に次いで光沢低下が顕著(白②、シルバー②、Eグレー③)

■ まとめ1　屋外暴露試験場所による比較【光沢】

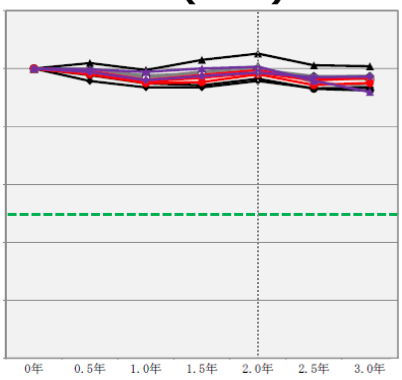
宮古島(沖縄)



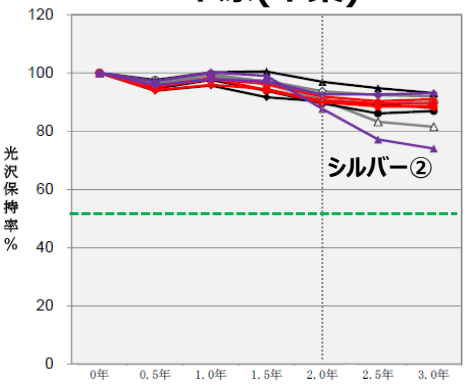
伊計島(沖縄)



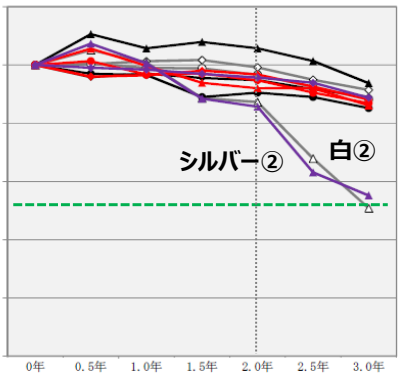
日高(埼玉)



市原(千葉)



黒部(富山)



【宮古島・伊計島】

白②、シルバー②の光沢保持率が半減

※ポリエステル粉体(グレー)よりも顕著

【日高・市原】

変化は軽微

【黒部】

南西諸島に次いで変化大

白②・シルバー②は実使用においても早期劣化の可能性があるレベルと判断

■ 参考

日本建築仕上学会発行(2018)『建築用アルミニウム合金材料 粉体塗装仕様標準指針・同解説』

付録1. 材料規格 [1]粉体エナメル

付録表 1.1.1 粉体エナメルの種別

ふっ素/PE系複合樹脂
粉体塗料に求められるレベル

種別	耐候性による区分
A 種	建築物の屋外使用において長期間にわたり耐候性を期待できる品質の粉体エナメル
B 種	建築物の屋外使用において耐候性を期待できる品質の粉体エナメル
C 種	建築物の屋内に使用される品質の粉体エナメル

付録表 1.1.2 粉体エナメルおよび硬化塗膜の品質 ※抜粋

項目		耐候性による区分		
		耐候性区分A種	耐候性区分 B 種	耐候性区分 C 種
屋外暴露耐候性	外観	塗膜に著しい膨れ、はがれがなく、著しい変退色がないこと。(一般部、カット部)		規定なし(屋内用途のため)
	光沢保持率	50%以上(2 年暴露)	60%以上(1 年暴露)	
	付着性	25/25(分類 1 以下)であること。		

(暴露場所) 北緯28 度以南の南西諸島　　(暴露方位、角度) 南面20～30 度
(塗料) 光沢を調整していない粉体エナメル、色調はグレー色 (マンセル記号N7)

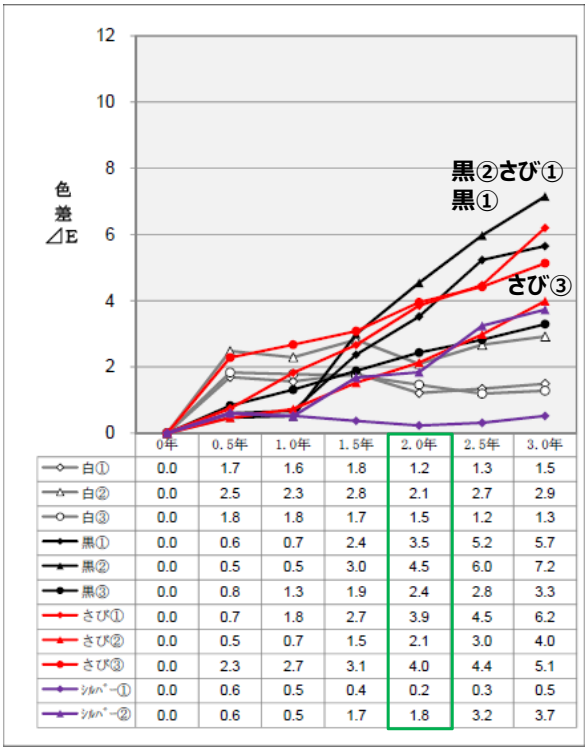
南西諸島における屋外暴露2年で光沢保持率50%を判断の目安とする

■ 試験結果(屋外暴露試験)

色差

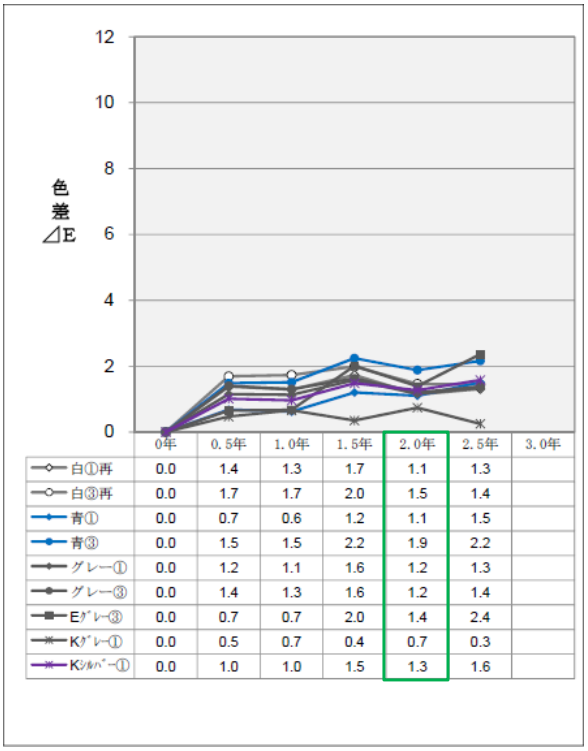
【宮古島(沖縄)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	0.0	1.7	1.6	1.8	1.2	1.3	1.5
白②	0.0	2.5	2.3	2.8	2.1	2.7	2.9
白③	0.0	1.8	1.8	1.7	1.5	1.2	1.3
黒①	0.0	0.6	0.7	2.4	3.5	5.2	5.7
黒②	0.0	0.5	0.5	3.0	4.5	6.0	7.2
黒③	0.0	0.8	1.3	1.9	2.4	2.8	3.3
さび①	0.0	0.7	1.8	2.7	3.9	4.5	6.2
さび②	0.0	0.5	0.7	1.5	2.1	3.0	4.0
さび③	0.0	2.3	2.7	3.1	4.0	4.4	5.1
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.6	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.6	0.5	1.7	1.8	3.2	3.7

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	0.0	1.4	1.3	1.7	1.1	1.3	
白③再	0.0	1.7	1.7	2.0	1.5	1.4	
青①	0.0	0.7	0.6	1.2	1.1	1.5	
青③	0.0	1.5	1.5	2.2	1.9	2.2	
グレー①	0.0	1.2	1.1	1.6	1.2	1.3	
グレー③	0.0	1.4	1.3	1.6	1.2	1.4	
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.7	0.7	2.0	1.4	2.4	
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.5	0.7	0.4	0.7	0.3	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.0	1.0	1.5	1.3	1.6	

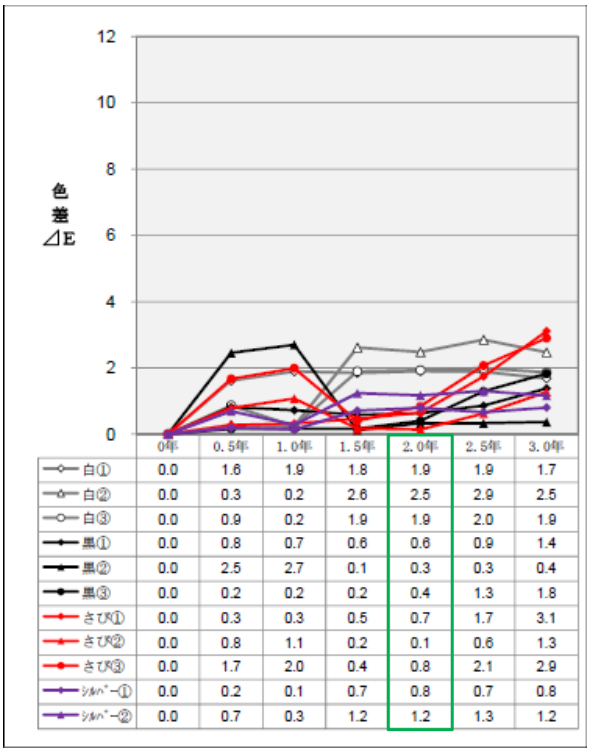
宮古島では黒系、さび系の色調変化がやや顕著

■ 試験結果（屋外暴露試験）

色差

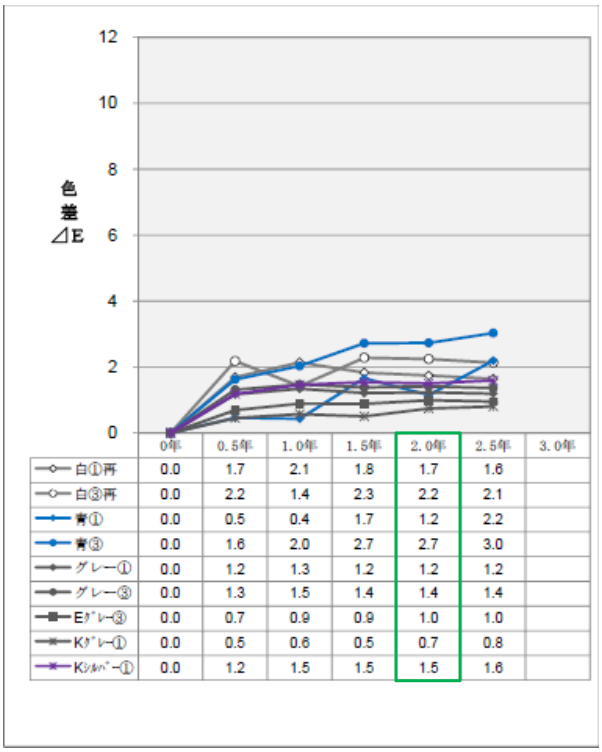
【伊計島(沖縄)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	0.0	1.6	1.9	1.8	1.9	1.9	1.7
白②	0.0	0.3	0.2	2.6	2.5	2.9	2.5
白③	0.0	0.9	0.2	1.9	1.9	2.0	1.9
黒①	0.0	0.8	0.7	0.6	0.6	0.9	1.4
黒②	0.0	2.5	2.7	0.1	0.3	0.3	0.4
黒③	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4	1.3	1.8
さび①	0.0	0.3	0.3	0.5	0.7	1.7	3.1
さび②	0.0	0.8	1.1	0.2	0.1	0.6	1.3
さび③	0.0	1.7	2.0	0.4	0.8	2.1	2.9
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.2	0.1	0.7	0.8	0.7	0.8
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.7	0.3	1.2	1.2	1.3	1.2

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	0.0	1.7	2.1	1.8	1.7	1.6	
白③再	0.0	2.2	1.4	2.3	2.2	2.1	
青①	0.0	0.5	0.4	1.7	1.2	2.2	
青③	0.0	1.6	2.0	2.7	2.7	3.0	
グレー①	0.0	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	
グレー③	0.0	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.7	0.9	0.9	1.0	1.0	
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.5	0.6	0.5	0.7	0.8	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.2	1.5	1.5	1.5	1.6	

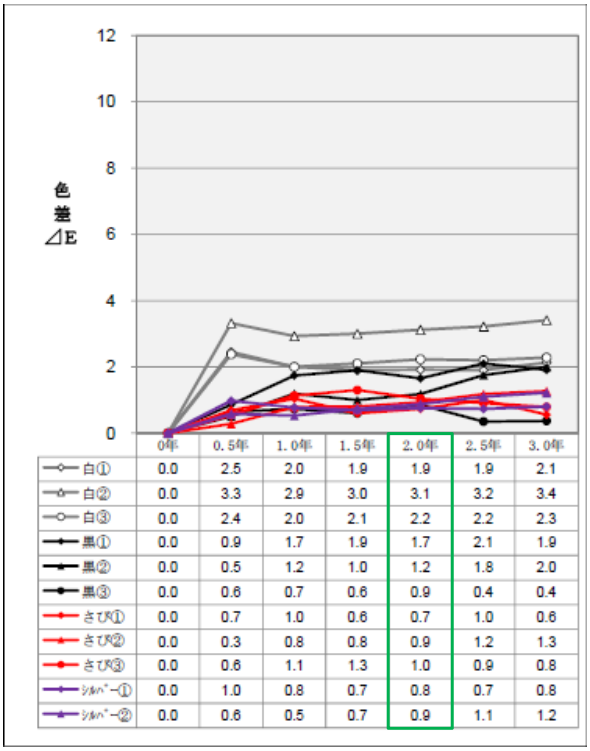
伊計島では宮古島と比べ、色調変化は軽微

■ 試験結果（屋外暴露試験）

色差

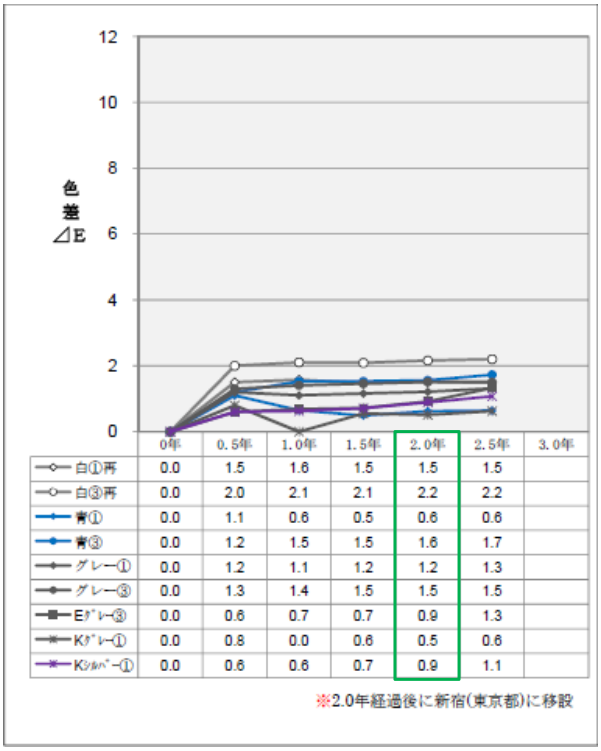
【日高(埼玉)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	0.0	2.5	2.0	1.9	1.9	1.9	2.1
白②	0.0	3.3	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4
白③	0.0	2.4	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3
黒①	0.0	0.9	1.7	1.9	1.7	2.1	1.9
黒②	0.0	0.5	1.2	1.0	1.2	1.8	2.0
黒③	0.0	0.6	0.7	0.6	0.9	0.4	0.4
さび①	0.0	0.7	1.0	0.6	0.7	1.0	0.6
さび②	0.0	0.3	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3
さび③	0.0	0.6	1.1	1.3	1.0	0.9	0.8
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.6	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	0.0	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	
白③再	0.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	
青①	0.0	1.1	0.6	0.5	0.6	0.6	
青③	0.0	1.2	1.5	1.5	1.6	1.7	
グレー①	0.0	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	
グレー③	0.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.6	0.7	0.7	0.9	1.3	
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.8	0.0	0.6	0.5	0.6	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.6	0.6	0.7	0.9	1.1	

※2.0年経過後に新宿(東京都)に移設

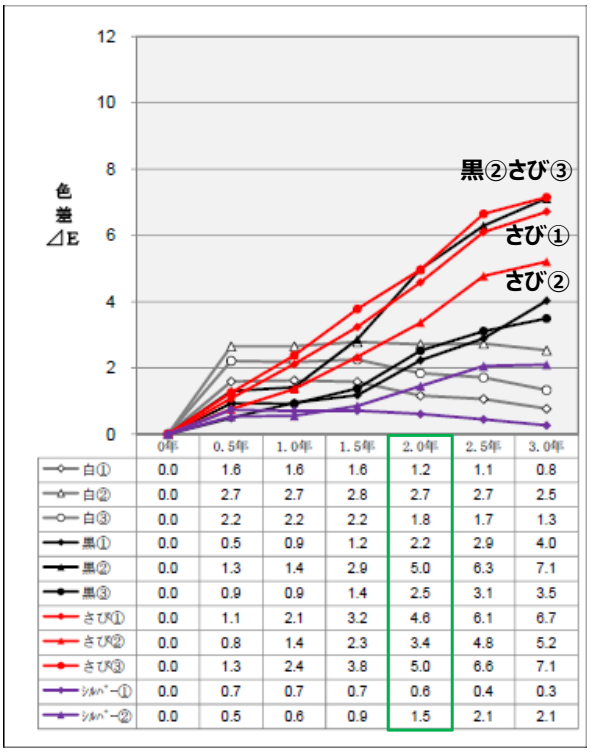
日高も色調変化は軽微(ほぼ横ばい)

■ 試験結果（屋外暴露試験）

色差

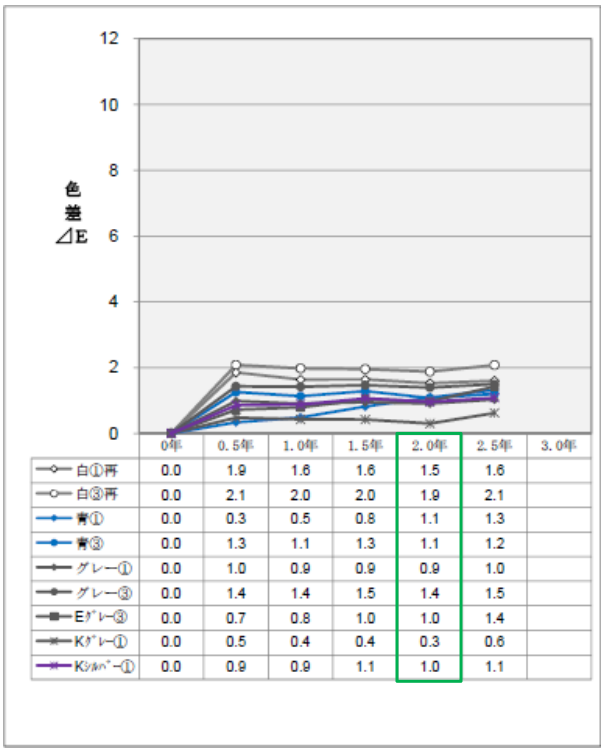
【市原(千葉)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	0.0	1.6	1.6	1.6	1.2	1.1	0.8
白②	0.0	2.7	2.7	2.8	2.7	2.7	2.5
白③	0.0	2.2	2.2	2.2	1.8	1.7	1.3
黒①	0.0	0.5	0.9	1.2	2.2	2.9	4.0
黒②	0.0	1.3	1.4	2.9	5.0	6.3	7.1
黒③	0.0	0.9	0.9	1.4	2.5	3.1	3.5
さび①	0.0	1.1	2.1	3.2	4.6	6.1	6.7
さび②	0.0	0.8	1.4	2.3	3.4	4.8	5.2
さび③	0.0	1.3	2.4	3.8	5.0	6.6	7.1
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.7	0.7	0.7	0.6	0.4	0.3
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.5	0.6	0.9	1.5	2.1	2.1

2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	0.0	1.9	1.6	1.6	1.5	1.6	
白③再	0.0	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	
青①	0.0	0.3	0.5	0.8	1.1	1.3	
青③	0.0	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2	
グレー①	0.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	
グレー③	0.0	1.4	1.4	1.5	1.4	1.5	
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.7	0.8	1.0	1.0	1.4	
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.5	0.4	0.4	0.3	0.6	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.9	0.9	1.1	1.0	1.1	

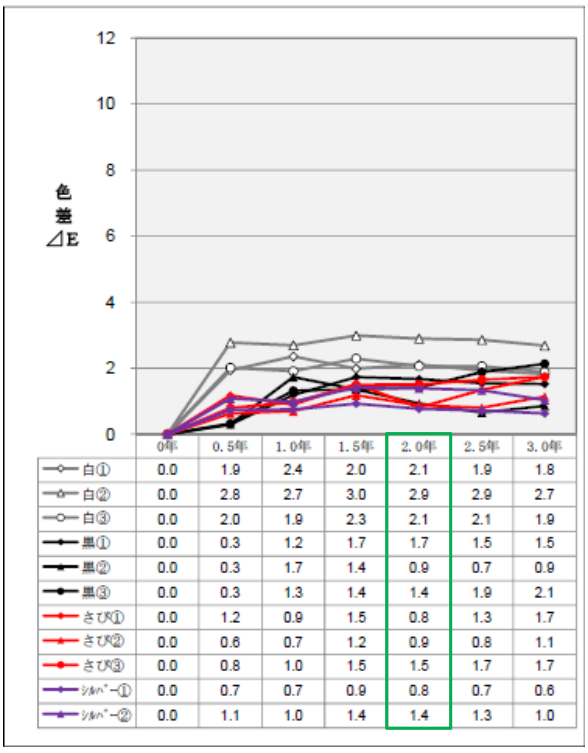
市原では黒系、さび系の色差が増大

■ 試験結果（屋外暴露試験）

色差

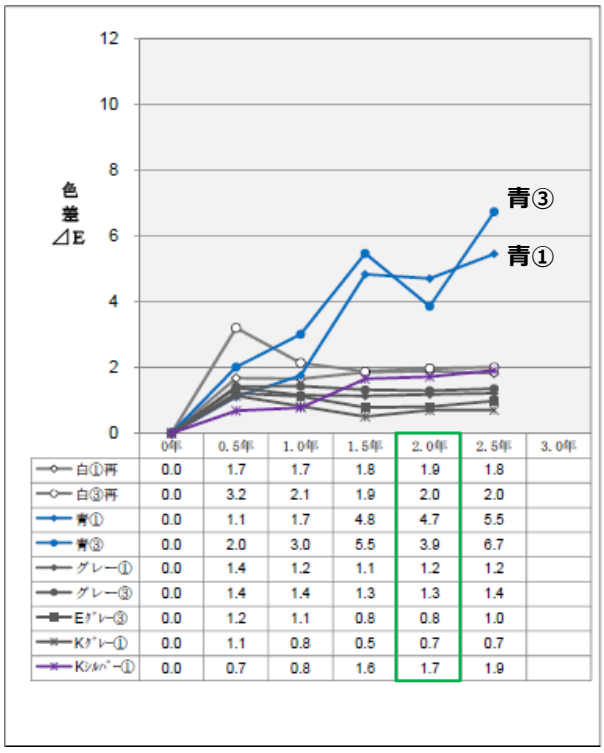
【黒部(富山)】

2015年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①	0.0	1.9	2.4	2.0	2.1	1.9	1.8
白②	0.0	2.8	2.7	3.0	2.9	2.9	2.7
白③	0.0	2.0	1.9	2.3	2.1	2.1	1.9
黒①	0.0	0.3	1.2	1.7	1.7	1.5	1.5
黒②	0.0	0.3	1.7	1.4	0.9	0.7	0.9
黒③	0.0	0.3	1.3	1.4	1.4	1.9	2.1
さび①	0.0	1.2	0.9	1.5	0.8	1.3	1.7
さび②	0.0	0.6	0.7	1.2	0.9	0.8	1.1
さび③	0.0	0.8	1.0	1.5	1.5	1.7	1.7
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.7	0.7	0.9	0.8	0.7	0.6
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	1.1	1.0	1.4	1.4	1.3	1.0

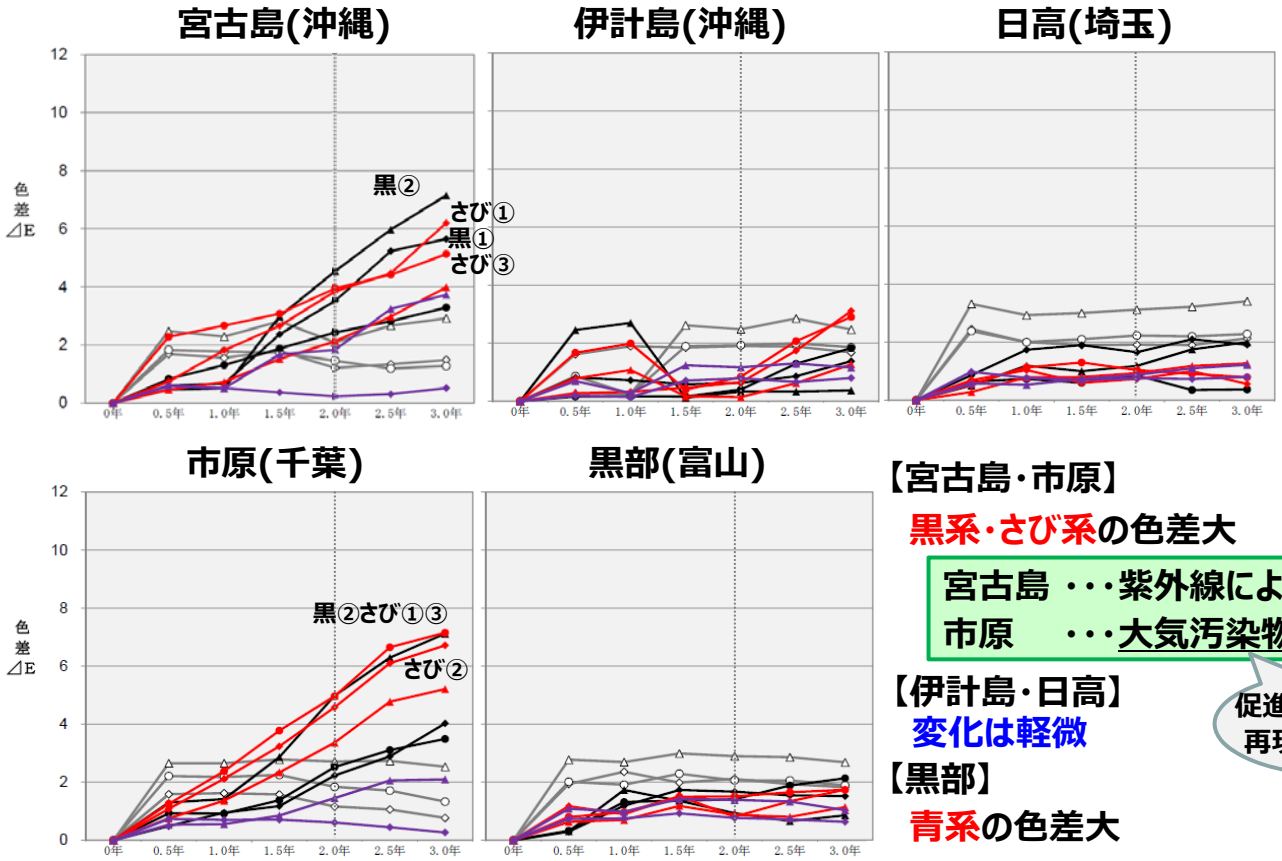
2016年開始



	0年	0.5年	1.0年	1.5年	2.0年	2.5年	3.0年
白①再	0.0	1.7	1.7	1.8	1.9	1.8	
白③再	0.0	3.2	2.1	1.9	2.0	2.0	
青①	0.0	1.1	1.7	4.8	4.7	5.5	
青③	0.0	2.0	3.0	5.5	3.9	6.7	
グレー①	0.0	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2	
グレー③	0.0	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	1.2	1.1	0.8	0.8	1.0	
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	1.1	0.8	0.5	0.7	0.7	
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.7	0.8	1.6	1.7	1.9	

黒部では青系の色差が増加

■ まとめ2　屋外暴露試験場所による比較【色調】



【宮古島・市原】
黒系・さび系の色差大

宮古島　・・・紫外線による退色
市原　　・・・大気汚染物質の影響

促進試験機での再現・予測は難

【伊計島・日高】
変化は軽微

【黒部】
青系の色差大

濃色系(黒・さび・青) に紫外線、汚染物質の影響と考えられる退色がみられる

4. 試験結果

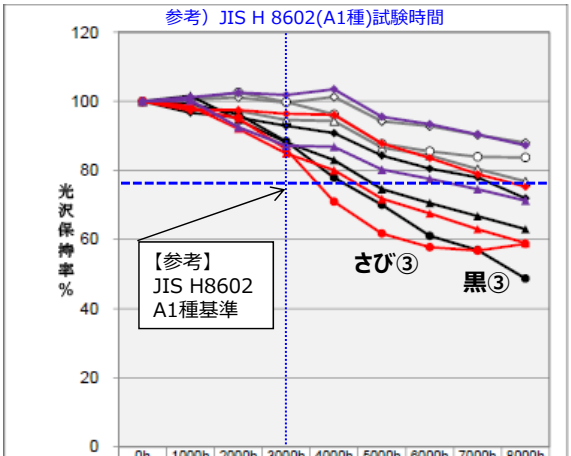
4.2 促進耐候性試験

（サンシャインカーボンアーク灯式）

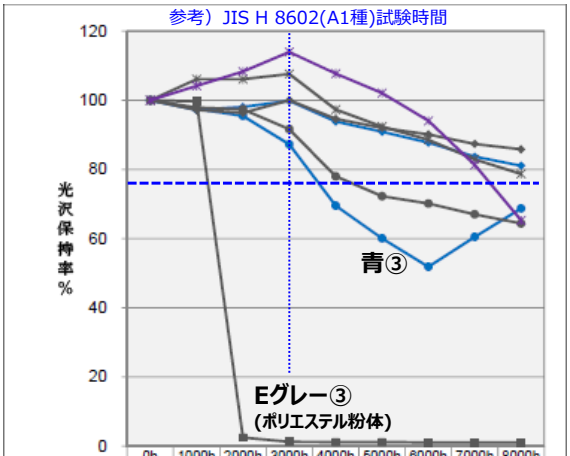
■ 試験結果（促進耐候性試験）

光沢保持率

【サンシャインカーボンアーク灯式】 条件①(JIS H8602準拠法)



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
白①	100.0	100.4	101.1	99.6	101.3	94.2	92.8	90.3	88.0
白②	100.0	98.2	97.2	94.6	94.3	86.6	84.3	80.4	76.8
白③	100.0	100.4	102.6	99.8	96.2	87.7	85.5	83.9	83.7
黒①	100.0	96.7	95.3	92.9	90.8	84.3	80.5	77.9	71.9
黒②	100.0	101.6	94.6	88.1	83.0	74.6	70.5	66.8	63.0
黒③	100.0	99.3	96.3	88.4	77.9	70.0	61.0	56.9	48.7
さび①	100.0	97.4	97.4	96.4	96.1	87.8	83.6	78.9	75.3
さび②	100.0	98.6	92.0	84.9	80.1	71.8	67.5	63.0	59.0
さび③	100.0	98.0	95.0	86.1	71.0	61.7	57.8	56.8	58.7
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	101.2	102.5	101.8	103.5	95.5	93.4	90.4	87.2
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	100.3	92.5	87.1	86.8	80.2	77.5	74.6	71.3



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
青①	100.0	97.2	98.1	99.8	93.9	90.9	87.7	83.7	81.1
青③	100.0	97.5	95.5	87.2	69.5	60.1	51.9	60.5	68.7
グレー①	100.0	97.2	96.4	100.0	94.6	92.0	90.1	87.4	85.8
グレー③	100.0	97.9	97.4	91.6	78.0	72.3	70.2	67.0	64.4
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	99.7	2.5	1.3	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	106.1	106.1	107.6	97.3	92.4	88.6	82.9	78.7
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	104.2	108.3	113.9	107.7	102.1	94.1	81.3	65.3

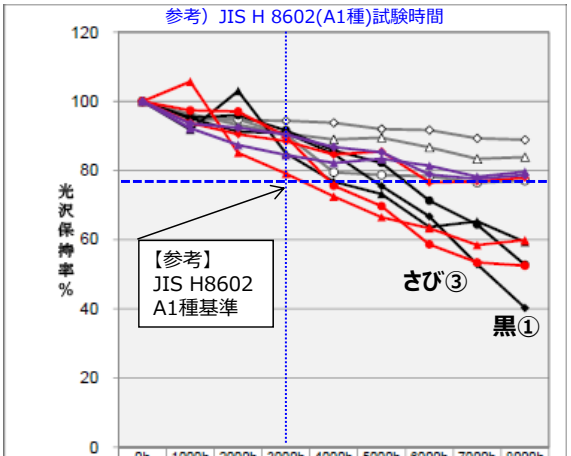
ふっ素系塗装は経時で緩やかに低下(濃色系:変化大、白②・シルバー②:変化小)

※ 参考：Eグレー③を除きJIS H8602 A1種の耐候性基準(≧75%@3000hr)を満たす

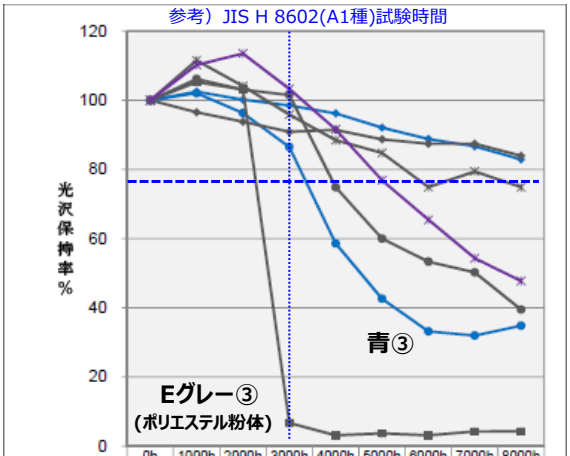
■ 試験結果（促進耐候性試験）

光沢保持率

【サンシャインカーボンアーク灯式】 条件②(JIS K5400改法)



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
白①	100.0	94.8	94.5	94.4	93.8	92.0	91.7	89.3	88.9
白②	100.0	96.3	93.2	90.7	89.0	89.5	86.7	83.4	83.9
白③	100.0	95.6	94.8	90.4	79.5	78.7	78.3	76.5	77.1
黒①	100.0	95.1	91.2	90.9	84.8	75.5	66.7	52.9	40.3
黒②	100.0	91.8	103.0	85.0	76.8	73.2	63.7	65.3	59.3
黒③	100.0	95.3	96.0	91.6	85.8	82.2	71.3	64.4	52.7
さび①	100.0	93.8	90.5	88.5	84.6	85.5	76.6	76.9	77.9
さび②	100.0	105.7	85.1	79.1	72.5	66.5	63.3	58.5	59.9
さび③	100.0	97.4	97.1	89.9	75.6	69.7	58.6	53.4	52.4
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	93.6	92.4	90.4	86.8	85.3	78.9	77.6	78.7
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	92.3	87.4	84.5	82.2	83.4	81.4	78.2	79.7



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
青①	100.0	102.5	100.2	98.5	96.2	92.1	88.8	86.7	82.9
青③	100.0	102.0	96.3	86.5	58.6	42.6	33.2	32.0	34.8
グレー①	100.0	96.5	93.8	90.9	91.4	88.7	87.4	87.4	84.0
グレー③	100.0	106.2	103.1	101.5	74.9	60.0	53.3	50.3	39.5
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	105.3	103.1	6.7	3.1	3.7	3.1	4.3	4.3
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	111.5	104.1	95.9	88.5	84.8	74.9	79.4	74.9
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	110.2	113.5	103.3	91.6	76.9	65.5	54.4	47.7

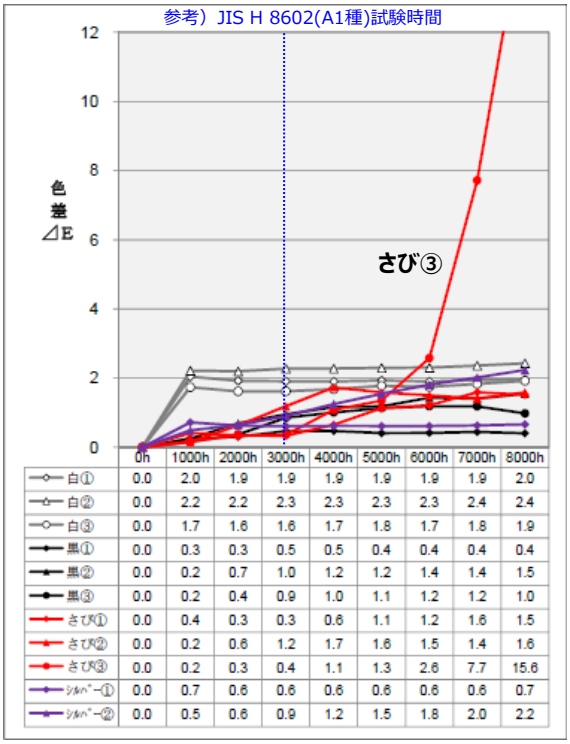
試験条件①と劣化の傾向に大差なし(3000hでは高い光沢保持率を維持)

ポリエステル粉体塗装(Eグレー③)は1000~2000h超で、急激に低下

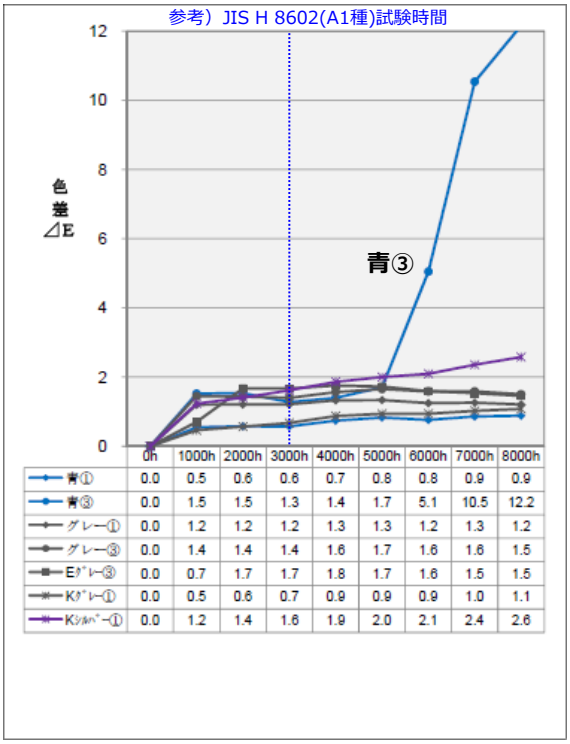
■ 試験結果（促進耐候性試験）

色差

【サンシャインカーボンアーク灯式】 条件①(JIS H8602準拠法)



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
白①	0.0	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0
白②	0.0	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
白③	0.0	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8	1.7	1.8	1.9
黒①	0.0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4
黒②	0.0	0.2	0.7	1.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5
黒③	0.0	0.2	0.4	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.0
さび①	0.0	0.4	0.3	0.3	0.6	1.1	1.2	1.6	1.5
さび②	0.0	0.2	0.6	1.2	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6
さび③	0.0	0.2	0.3	0.4	1.1	1.3	2.6	7.7	15.6
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.5	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
青①	0.0	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
青③	0.0	1.5	1.5	1.3	1.4	1.7	5.1	10.5	12.2
グレー①	0.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2
グレー③	0.0	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.6	1.6	1.5
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.5	0.6	0.7	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.0	2.1	2.4	2.6

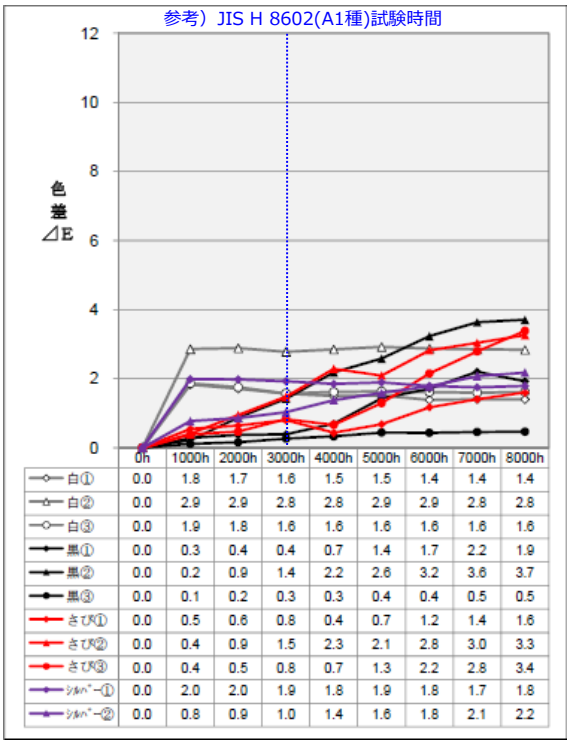
色調変化も3000hではいずれも軽微(さび③、青③のみ5000h超で著しく退色)

屋外暴露試験(2～3年)では見られない傾向

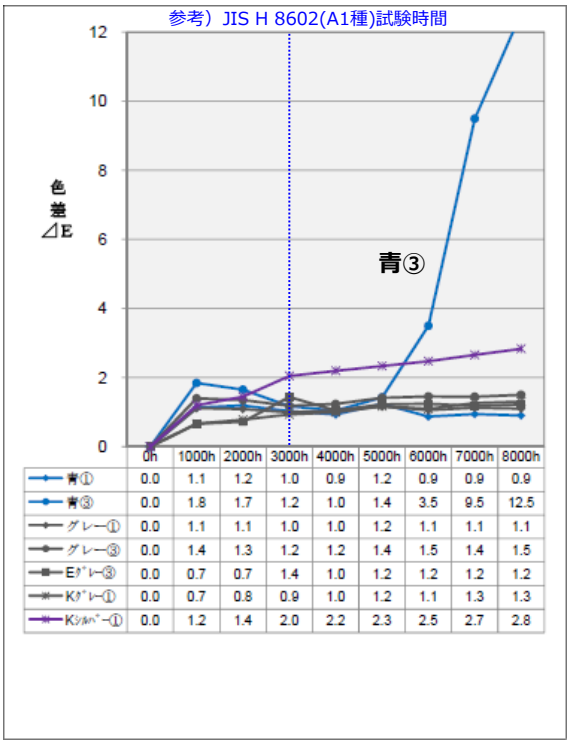
■ 試験結果（促進耐候性試験）

色差

【サンシャインカーボンアーク灯式】 条件②(JIS K5400改法)



	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
白①	0.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4
白②	0.0	2.9	2.9	2.8	2.8	2.9	2.9	2.8	2.8
白③	0.0	1.9	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
黒①	0.0	0.3	0.4	0.4	0.7	1.4	1.7	2.2	1.9
黒②	0.0	0.2	0.9	1.4	2.2	2.6	3.2	3.6	3.7
黒③	0.0	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5
さび①	0.0	0.5	0.6	0.8	0.4	0.7	1.2	1.4	1.6
さび②	0.0	0.4	0.9	1.5	2.3	2.1	2.8	3.0	3.3
さび③	0.0	0.4	0.5	0.8	0.7	1.3	2.2	2.8	3.4
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.9	1.8	1.7	1.8
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.8	0.9	1.0	1.4	1.6	1.8	2.1	2.2



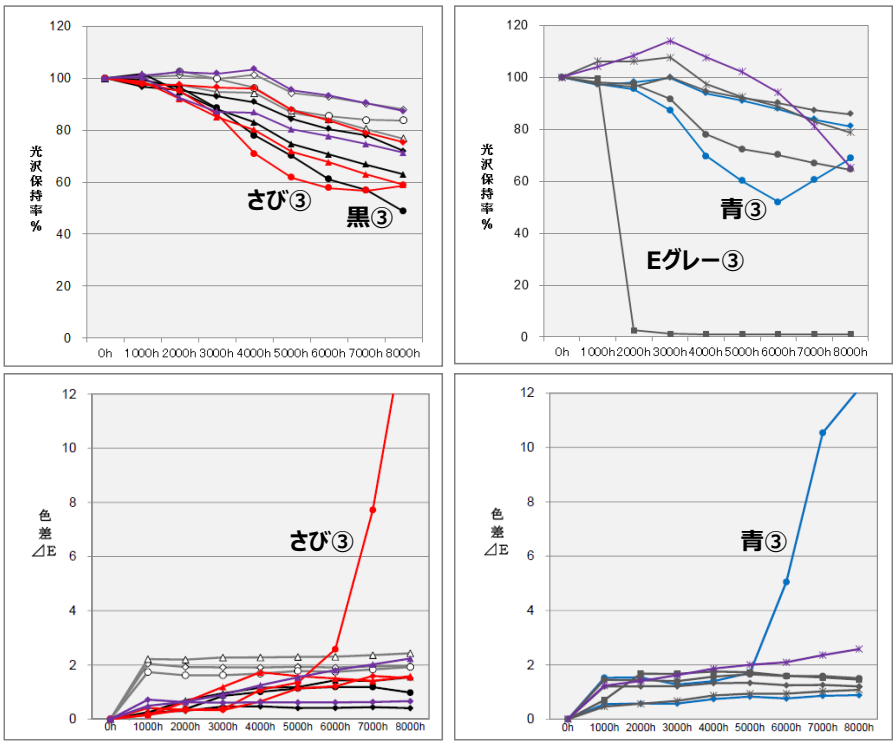
	0h	1000h	2000h	3000h	4000h	5000h	6000h	7000h	8000h
青①	0.0	1.1	1.2	1.0	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9
青③	0.0	1.8	1.7	1.2	1.0	1.4	3.5	9.5	12.5
グレー①	0.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1
グレー③	0.0	1.4	1.3	1.2	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.7	0.7	1.4	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.1	1.3	1.3
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.2	1.4	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8

試験条件②では青③のみ5000h超で色差が上昇(機器or試験条件の差？)

8000ｈは試験時間として過剰？

■ 試験結果まとめ（促進耐候性試験）

【サンシャインカーボンアーク灯式】例）条件①



【光沢変化】

・黒系・さび系・青系：やや変化大

・白②、シルバー②：顕著な変化なし

・Eグレー③　　：顕著に低下

暴露試験とは異なる傾向

【色調変化】

・さび系・青系(一部)：退色(後期)

・黒系　　：顕著な変化なし

暴露試験では見られない傾向
（２～３年）

本試験方法では屋外暴露試験で早期光沢低下が生じた塗料を検知できない

（南西諸島）　　白②、シルバー②

4. 試験結果

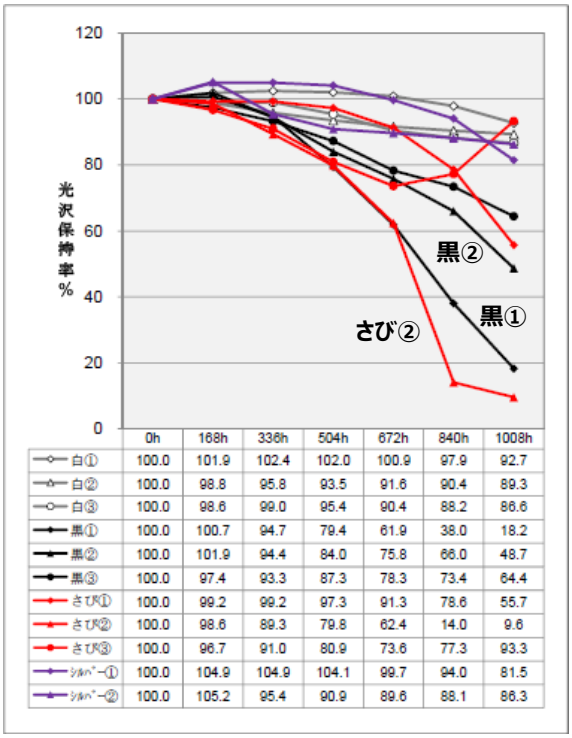
4.3 超促進耐候性試験Ⅰ

（メタルハライドランプ式）

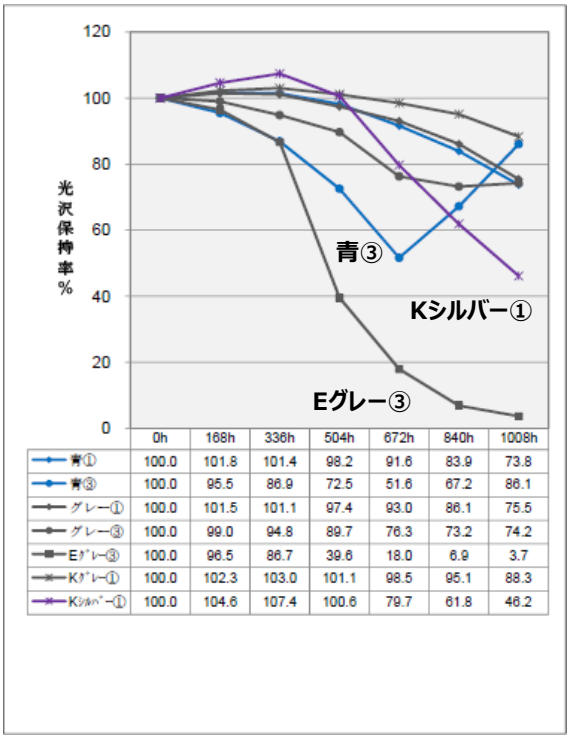
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅰ）

光沢保持率

【メタルハライドランプ式】 機種A（メタリング©ウェザーメーター）



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
白①	100.0	101.9	102.4	102.0	100.9	97.9	92.7
白②	100.0	98.8	95.8	93.5	91.6	90.4	89.3
白③	100.0	98.6	99.0	95.4	90.4	88.2	86.6
黒①	100.0	100.7	94.7	79.4	61.9	38.0	18.2
黒②	100.0	101.9	94.4	84.0	75.8	66.0	48.7
黒③	100.0	97.4	93.3	87.3	78.3	73.4	64.4
さび①	100.0	99.2	99.2	97.3	91.3	78.6	55.7
さび②	100.0	98.6	89.3	79.8	62.4	14.0	9.6
さび③	100.0	96.7	91.0	80.9	73.6	77.3	93.3
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	104.9	104.9	104.1	99.7	94.0	81.5
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	105.2	95.4	90.9	89.6	88.1	86.3



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
青①	100.0	101.8	101.4	98.2	91.6	83.9	73.8
青③	100.0	95.5	86.9	72.5	51.6	67.2	86.1
グレー①	100.0	101.5	101.1	97.4	93.0	86.1	75.5
グレー③	100.0	99.0	94.8	89.7	76.3	73.2	74.2
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	96.5	86.7	39.6	18.0	6.9	3.7
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	102.3	103.0	101.1	98.5	95.1	88.3
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	104.6	107.4	100.6	79.7	61.8	46.2

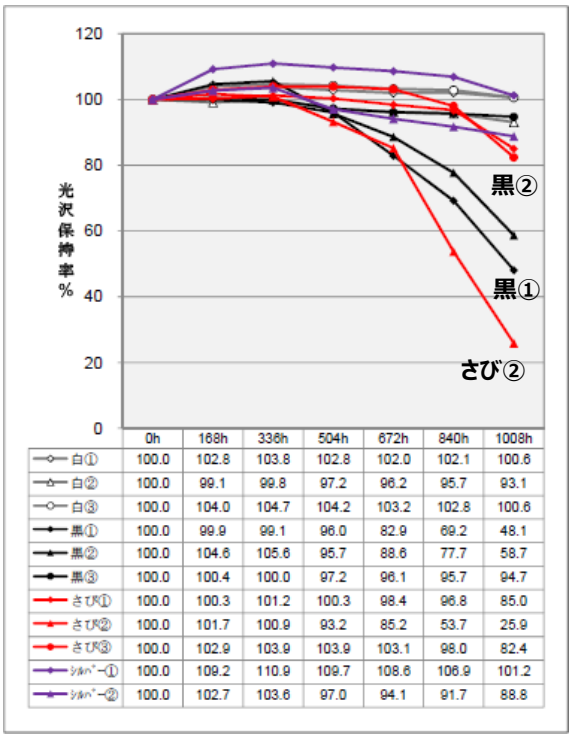
約500h以降から、濃色系の光沢が著しく低下（白②・シルバー②:変化小）

劣化しやすい色の傾向はサンシャインカーボンアーク灯式と同じ

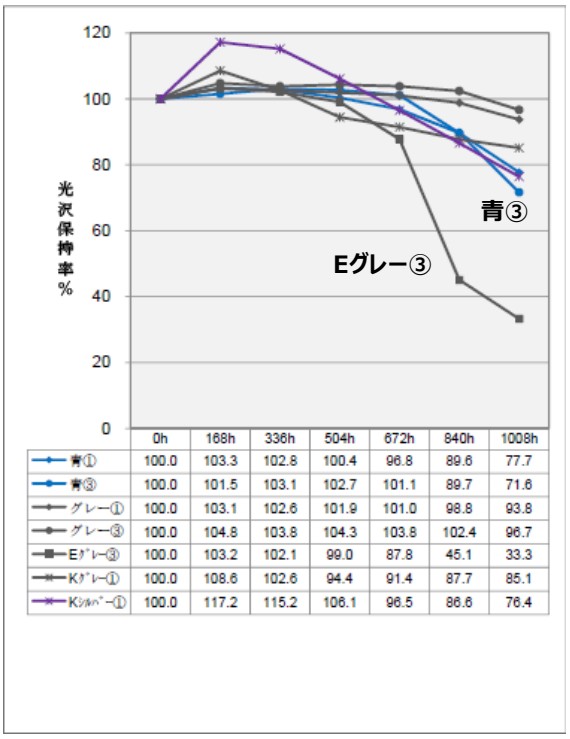
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅰ）

光沢保持率

【メタルハライドランプ式】 機種B（メタルウェザー©）



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
白①	100.0	102.8	103.8	102.8	102.0	102.1	100.6
白②	100.0	99.1	99.8	97.2	96.2	95.7	93.1
白③	100.0	104.0	104.7	104.2	103.2	102.8	100.6
黒①	100.0	99.9	99.1	96.0	82.9	69.2	48.1
黒②	100.0	104.6	105.6	95.7	88.6	77.7	58.7
黒③	100.0	100.4	100.0	97.2	96.1	95.7	94.7
さび①	100.0	100.3	101.2	100.3	98.4	96.8	85.0
さび②	100.0	101.7	100.9	93.2	85.2	53.7	25.9
さび③	100.0	102.9	103.9	103.9	103.1	98.0	82.4
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	109.2	110.9	109.7	108.6	106.9	101.2
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	102.7	103.6	97.0	94.1	91.7	88.8



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
青①	100.0	103.3	102.8	100.4	96.8	89.6	77.7
青③	100.0	101.5	103.1	102.7	101.1	89.7	71.6
グレー①	100.0	103.1	102.6	101.9	101.0	98.8	93.8
グレー③	100.0	104.8	103.8	104.3	103.8	102.4	96.7
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	103.2	102.1	99.0	87.8	45.1	33.3
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	108.6	102.6	94.4	91.4	87.7	85.1
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	117.2	115.2	106.1	96.5	86.6	76.4

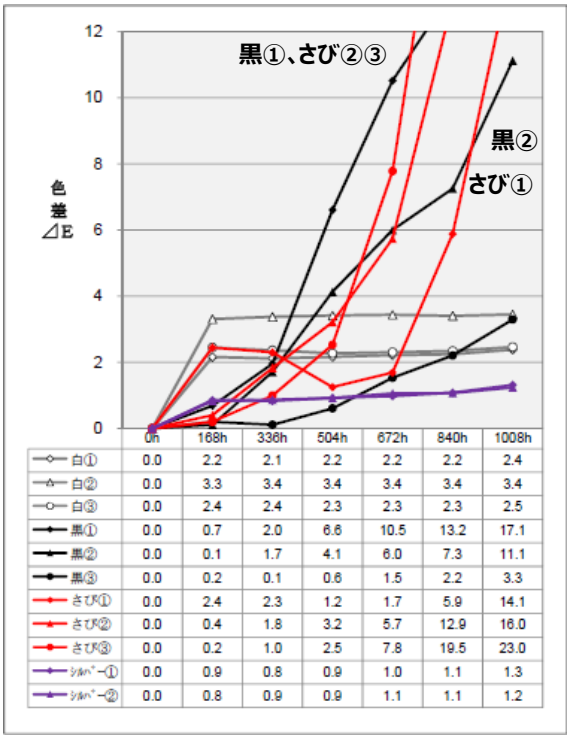
放射照度の差により促進性が異なるが、濃色系が劣化しやすい傾向に大差なし

機種A＞機種B

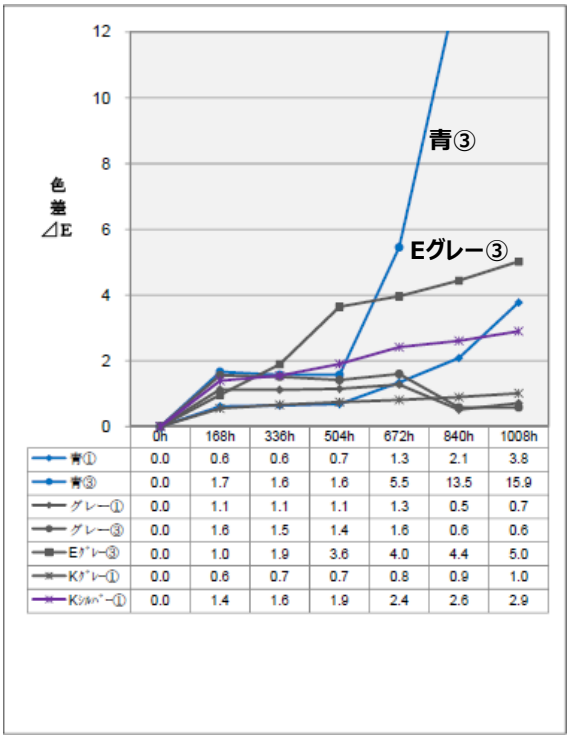
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅰ）

色差

【メタルハライドランプ式】 機種A（メタリング©ウェザーメーター）



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
白①	0.0	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4
白②	0.0	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
白③	0.0	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.5
黒①	0.0	0.7	2.0	6.6	10.5	13.2	17.1
黒②	0.0	0.1	1.7	4.1	6.0	7.3	11.1
黒③	0.0	0.2	0.1	0.6	1.5	2.2	3.3
さび①	0.0	2.4	2.3	1.2	1.7	5.9	14.1
さび②	0.0	0.4	1.8	3.2	5.7	12.9	16.0
さび③	0.0	0.2	1.0	2.5	7.8	19.5	23.0
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.9	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.8	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
青①	0.0	0.6	0.6	0.7	1.3	2.1	3.8
青③	0.0	1.7	1.6	1.6	5.5	13.5	15.9
グレー①	0.0	1.1	1.1	1.1	1.3	0.5	0.7
グレー③	0.0	1.6	1.5	1.4	1.6	0.6	0.6
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	1.0	1.9	3.6	4.0	4.4	5.0
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.4	1.6	1.9	2.4	2.6	2.9

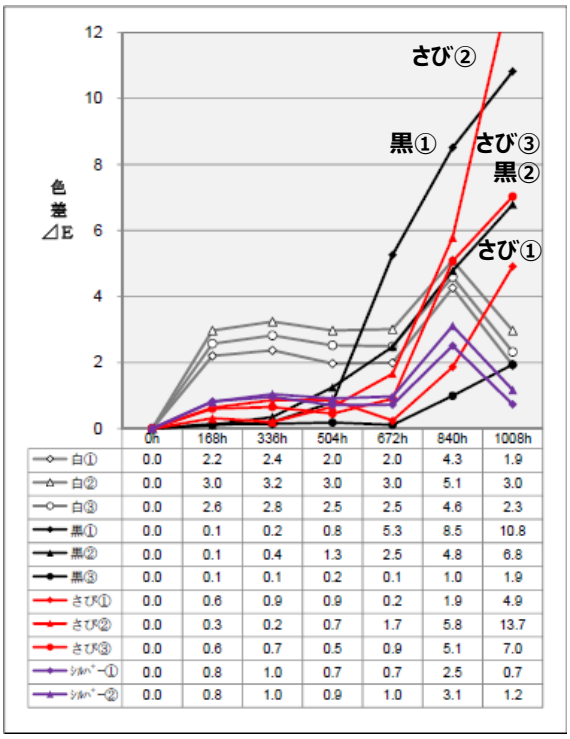
光沢低下が顕著に生じた水準(濃色系)の色調が著しく変化

黒・さび・青(一部)

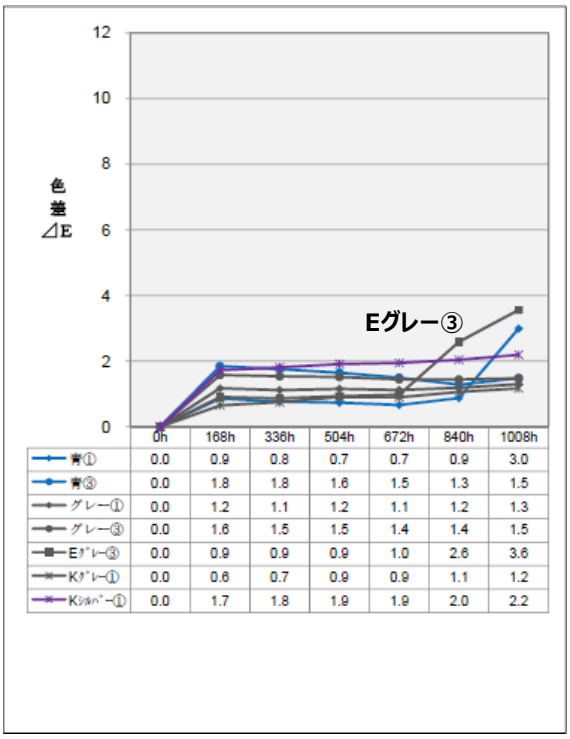
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅰ）

色差

【メタルハライドランプ式】 機種B（メタルウェザー©）



	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
白①	0.0	2.2	2.4	2.0	2.0	4.3	1.9
白②	0.0	3.0	3.2	3.0	3.0	5.1	3.0
白③	0.0	2.6	2.8	2.5	2.5	4.6	2.3
黒①	0.0	0.1	0.2	0.8	5.3	8.5	10.8
黒②	0.0	0.1	0.4	1.3	2.5	4.8	6.8
黒③	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	1.0	1.9
さび①	0.0	0.6	0.9	0.9	0.2	1.9	4.9
さび②	0.0	0.3	0.2	0.7	1.7	5.8	13.7
さび③	0.0	0.6	0.7	0.5	0.9	5.1	7.0
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.8	1.0	0.7	0.7	2.5	0.7
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	0.8	1.0	0.9	1.0	3.1	1.2

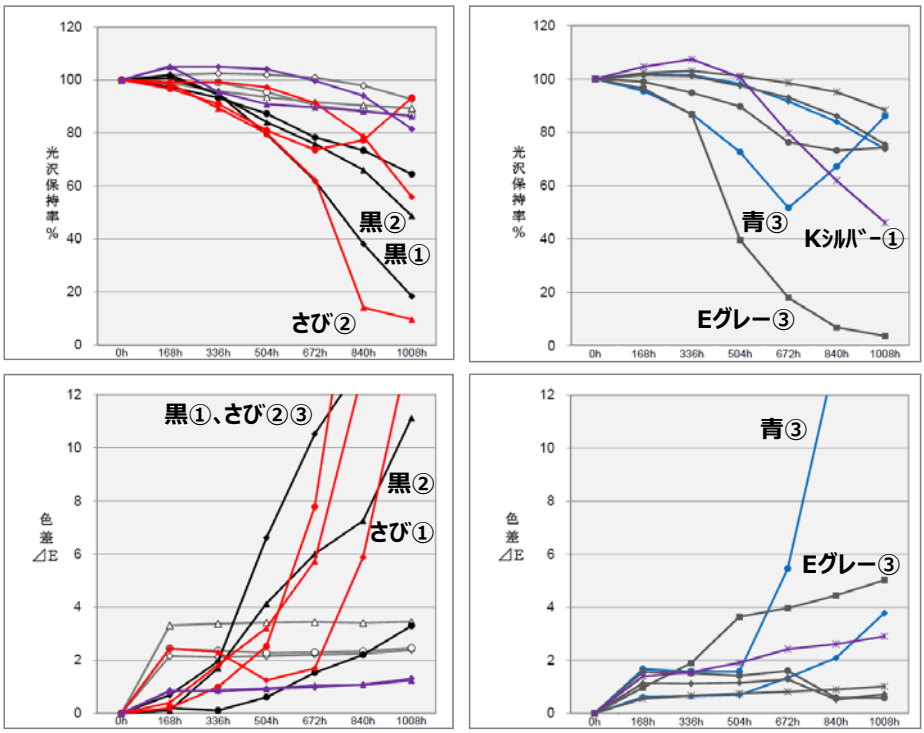


	0h	168h	336h	504h	672h	840h	1008h
青①	0.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	3.0
青③	0.0	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.5
グレー①	0.0	1.2	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
グレー③	0.0	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.5
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	0.9	0.9	0.9	1.0	2.6	3.6
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	0.6	0.7	0.9	0.9	1.1	1.2
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.2

色調変化に関しても放射照度の差が促進性に影響(傾向に大差なし)

■ 試験結果まとめ（超促進耐候性試験Ⅰ）

【メタルハライドランプ式】 例）機種A



【光沢変化】

・黒系、さび系、青系：顕著に劣化
・白②、シルバー②：顕著な劣化なし
・Eグレー③　　：顕著に劣化

暴露試験とは異なる傾向

【色調変化】

・黒系、さび系、青系：退色大
・白、シルバー、グレー系：変色小

暴露試験と傾向は類似
（変化が顕著）

旧来の促進試験と同様、白②、シルバー②の早期光沢低下を再現できない

強力な紫外線照射による樹脂・顔料の劣化→濃色系の色調・光沢変化大

4. 試験結果

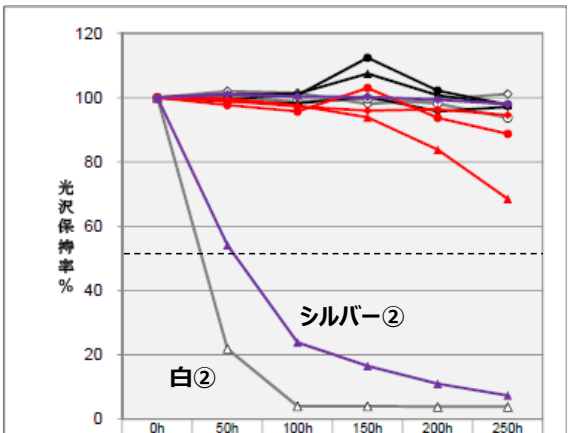
4.4 超促進耐候性試験Ⅱ

（過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式）

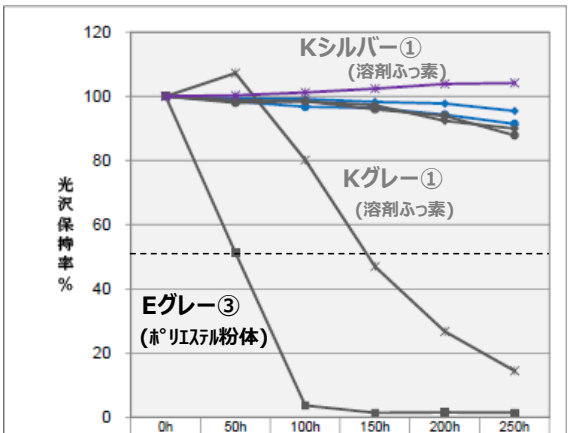
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅱ）

光沢保持率

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】 機種C



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
白①	100.0	102.0	101.4	98.0	99.4	101.1
白②	100.0	21.9	4.0	4.0	3.8	3.8
白③	100.0	100.0	98.8	99.6	98.2	93.7
黒①	100.0	98.8	98.2	100.3	95.7	97.1
黒②	100.0	101.0	101.2	107.5	100.7	97.8
黒③	100.0	99.6	100.7	112.4	102.2	97.8
さび①	100.0	98.9	97.3	95.9	96.4	94.6
さび②	100.0	99.7	97.5	93.9	83.8	68.5
さび③	100.0	97.7	95.7	103.0	93.7	88.7
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	101.0	100.3	100.2	99.3	98.0
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	54.1	23.9	16.5	11.0	7.3



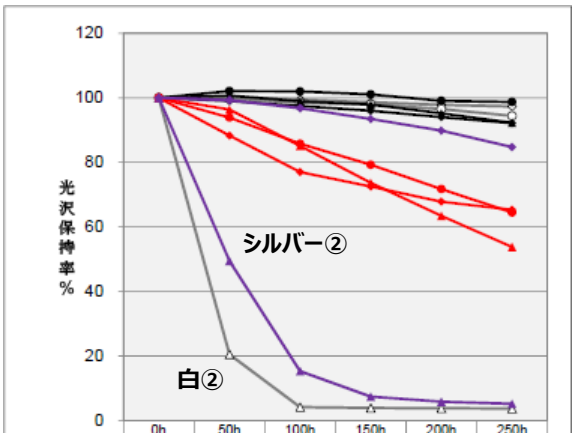
	0h	50h	100h	150h	200h	250h
青①	100.0	99.3	99.1	98.2	97.7	95.4
青③	100.0	98.4	96.7	96.3	94.3	91.4
グレー①	100.0	98.8	98.4	97.2	92.3	89.9
グレー③	100.0	98.0	98.5	95.9	93.9	87.8
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	51.2	3.6	1.4	1.5	1.4
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	107.2	80.1	46.9	26.7	14.4
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	100.3	101.2	102.4	103.8	104.1

屋外暴露試験同様、白②、シルバー②、Eグレー③の光沢が短時間で顕著に低下

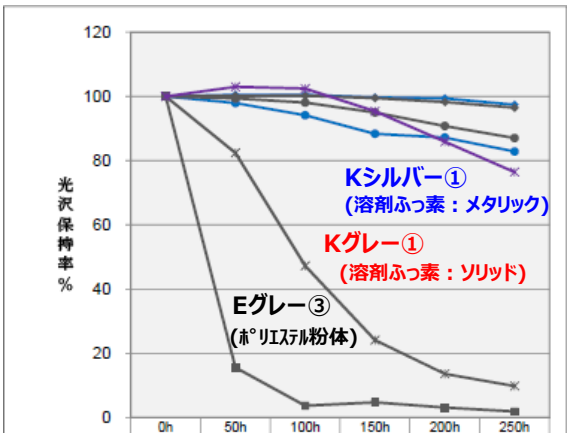
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅱ）

光沢保持率

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】 機種D



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
白①	100.0	100.3	99.5	98.6	97.8	97.3
白②	100.0	20.5	4.1	3.9	3.8	3.7
白③	100.0	99.8	98.5	98.0	96.5	94.4
黒①	100.0	99.0	97.5	96.0	94.0	92.1
黒②	100.0	100.7	98.9	97.9	95.2	92.3
黒③	100.0	102.1	102.0	101.1	99.1	98.7
さび①	100.0	88.3	77.0	72.5	67.8	65.3
さび②	100.0	96.4	85.1	73.7	63.4	53.8
さび③	100.0	93.9	85.8	79.3	71.7	64.5
ｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	99.2	96.8	93.5	89.8	84.7
ｼﾙﾊﾞｰ②	100.0	49.4	15.3	7.4	5.8	5.2



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
青①	100.0	100.5	100.5	99.7	99.4	97.4
青③	100.0	97.9	94.1	88.3	87.2	82.8
グレー①	100.0	100.1	100.2	99.4	98.2	96.5
グレー③	100.0	99.4	98.1	95.0	90.7	87.0
Eｸﾞﾚｰ③	100.0	15.6	3.6	4.7	3.1	1.9
Kｸﾞﾚｰ①	100.0	82.4	47.2	24.1	13.6	9.8
Kｼﾙﾊﾞｰ①	100.0	103.0	102.4	95.4	85.9	76.4

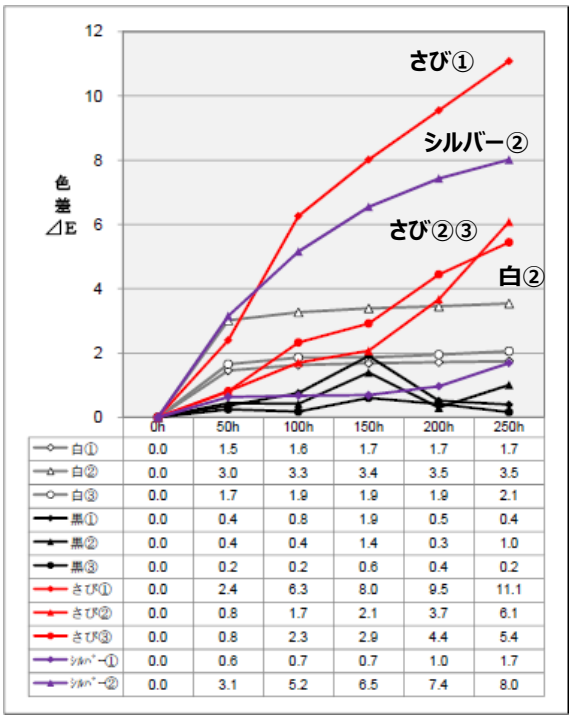
機種による大差なし。溶剤系ふっ素樹脂塗装(ソリッド色)※Kグレー①も低下

※建材として20年以上の実績あり、暴露試験での変化も軽微・・・試験時間250hは過剰？

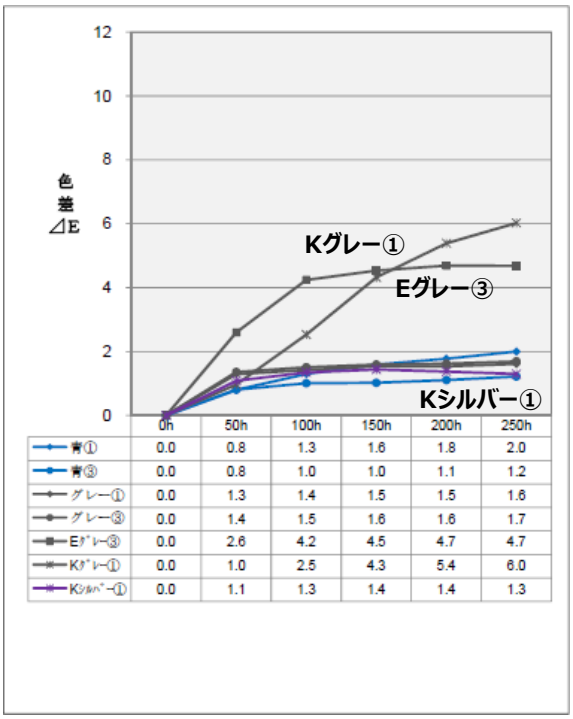
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅱ）

色差

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】 機種C



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
白①	0.0	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7
白②	0.0	3.0	3.3	3.4	3.5	3.5
白③	0.0	1.7	1.9	1.9	1.9	2.1
黒①	0.0	0.4	0.8	1.9	0.5	0.4
黒②	0.0	0.4	0.4	1.4	0.3	1.0
黒③	0.0	0.2	0.2	0.6	0.4	0.2
さび①	0.0	2.4	6.3	8.0	9.5	11.1
さび②	0.0	0.8	1.7	2.1	3.7	6.1
さび③	0.0	0.8	2.3	2.9	4.4	5.4
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.6	0.7	0.7	1.0	1.7
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	3.1	5.2	6.5	7.4	8.0



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
青①	0.0	0.8	1.3	1.6	1.8	2.0
青③	0.0	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2
グレー①	0.0	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6
グレー③	0.0	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	2.6	4.2	4.5	4.7	4.7
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	1.0	2.5	4.3	5.4	6.0
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.1	1.3	1.4	1.4	1.3

さび系および光沢低下が顕著な水準で色調変化大(黒系は殆ど変化なし)

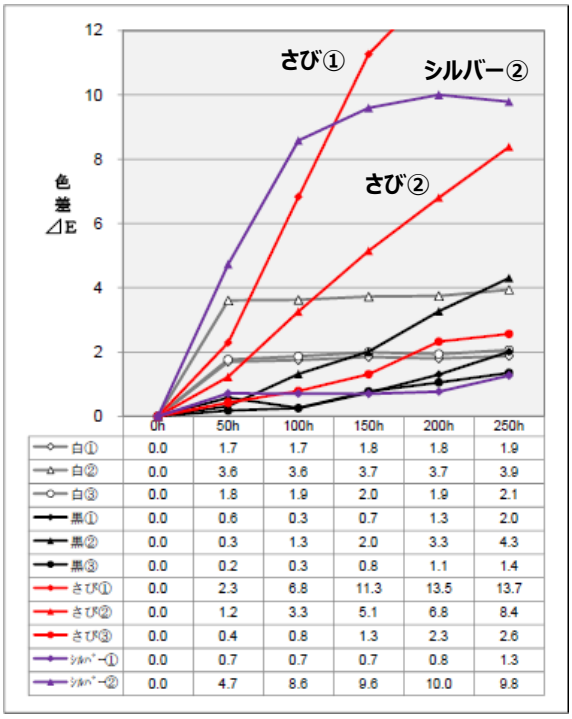
白②、シルバー②、Eグレー③、Kグレー①

屋外暴露試験とは異なる傾向

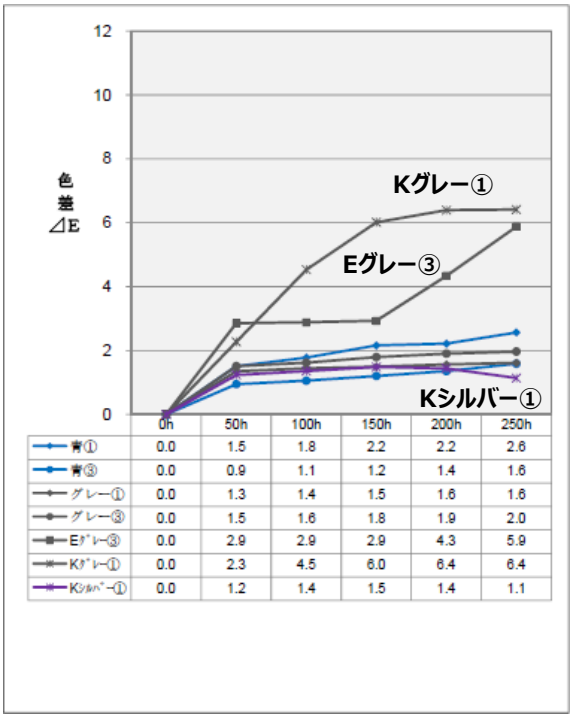
■ 試験結果（超促進耐候性試験Ⅱ）

色差

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】 機種D



	0h	50h	100h	150h	200h	250h
白①	0.0	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9
白②	0.0	3.6	3.6	3.7	3.7	3.9
白③	0.0	1.8	1.9	2.0	1.9	2.1
黒①	0.0	0.6	0.3	0.7	1.3	2.0
黒②	0.0	0.3	1.3	2.0	3.3	4.3
黒③	0.0	0.2	0.3	0.8	1.1	1.4
さび①	0.0	2.3	6.8	11.3	13.5	13.7
さび②	0.0	1.2	3.3	5.1	6.8	8.4
さび③	0.0	0.4	0.8	1.3	2.3	2.6
ｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	0.7	0.7	0.7	0.8	1.3
ｼﾙﾊﾞｰ②	0.0	4.7	8.6	9.6	10.0	9.8

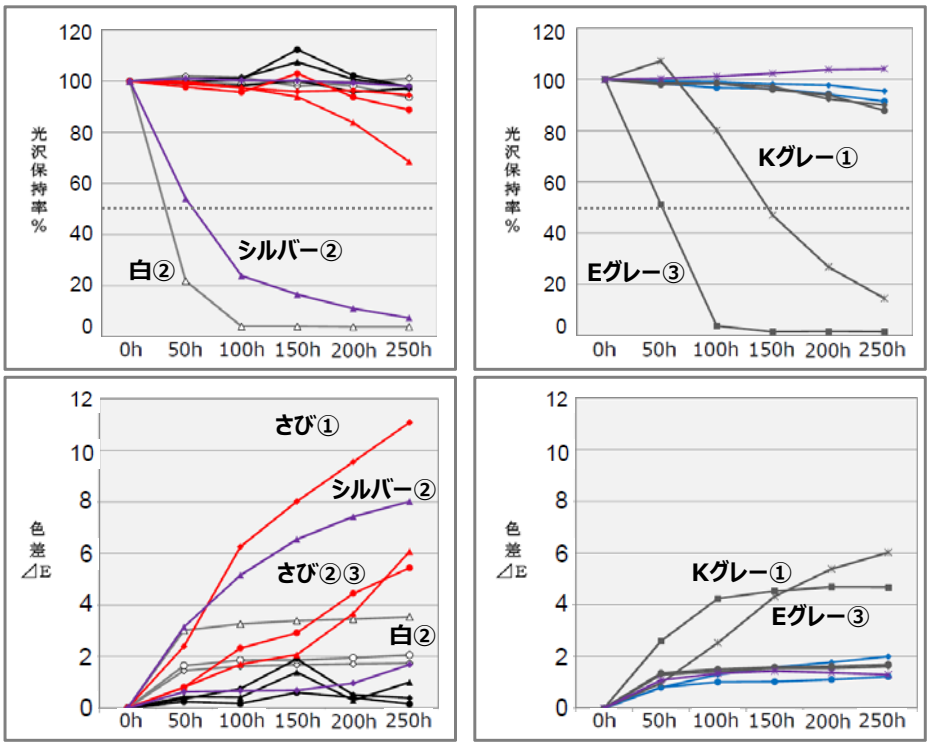


	0h	50h	100h	150h	200h	250h
青①	0.0	1.5	1.8	2.2	2.2	2.6
青③	0.0	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6
グレー①	0.0	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
グレー③	0.0	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0
Eｸﾞﾚｰ③	0.0	2.9	2.9	2.9	4.3	5.9
Kｸﾞﾚｰ①	0.0	2.3	4.5	6.0	6.4	6.4
Kｼﾙﾊﾞｰ①	0.0	1.2	1.4	1.5	1.4	1.1

光沢変化同様、２機種で色調変化の傾向に大差なし。

■ 試験結果まとめ（超促進耐候性試験Ⅱ）

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】例）機種C



【光沢変化】

・白②、シルバー②、Eグレー③
：顕著に低下

暴露試験と類似の傾向
（南西諸島２～３年）

【色調変化】

・さび系、白②、シルバー②、Eグレー③
：変色(退色)大

・黒系　：顕著な変化なし

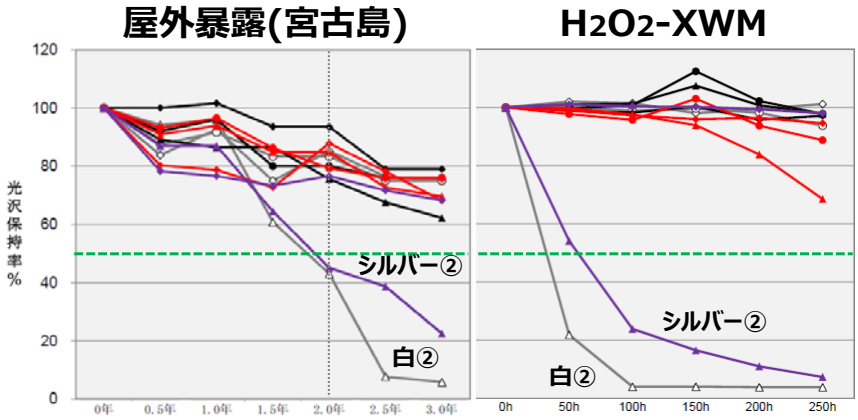
暴露試験と傾向は似ているが
黒系の挙動が異なる

屋外暴露試験(南西諸島)で確認された白②、シルバー②の早期光沢低下を再現

※黒系塗料および溶剤系ふっ素樹脂塗装(Kグレー①)については考察が必要

5. 考察と解析

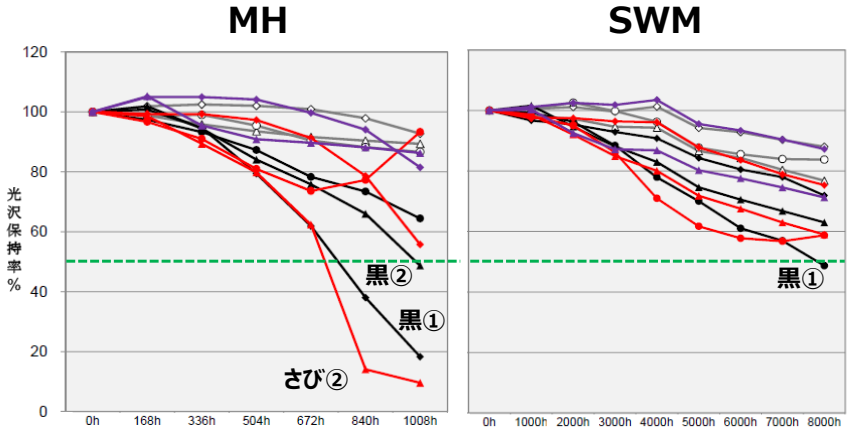
■ 考察1） 屋外暴露と各種促進試験の比較（光沢変化）



【H_2O_2水噴霧型キセノンランプ式】

白②、シルバー②の光沢が低下

屋外暴露(南西諸島)における
早期劣化水準を検出



【メタルハライドランプ式、
サンシャインカーボンアーク灯式】

黒系・さび系の光沢が低下

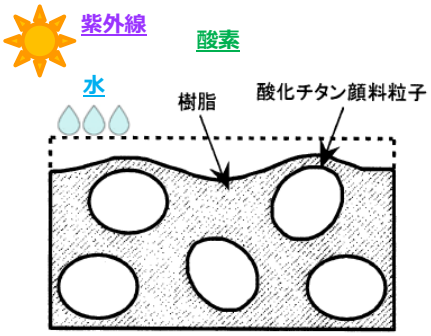
屋外暴露と劣化傾向異なる
(白②・シルバー②の検出不可)

屋外暴露(南西諸島)と類似の傾向(光沢変化)を示したのはH_2O_2-XWM試験のみ

■ 耐候劣化のメカニズム

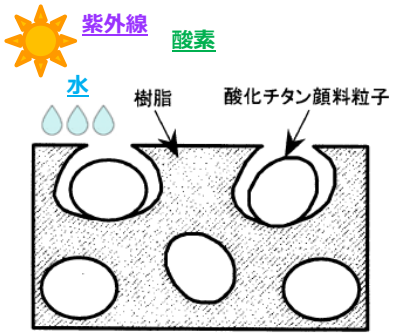
屋外環境における塗膜の主な劣化反応　＝酸化と加水分解

①樹脂の**加水分解**と
(光触媒作用によらない)**酸化**



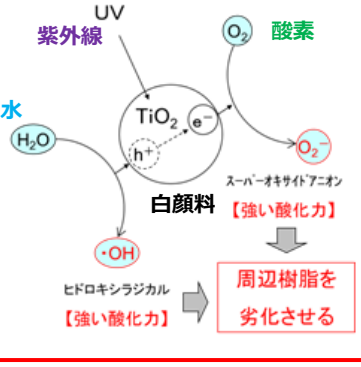
紫外線による劣化

②酸化チタン(白顔料)の**光触媒作用**
による樹脂の**酸化**



光触媒作用による劣化
(紫外線→酸化チタン)

【酸化チタン】
水・酸素存在下で紫外線が当たると
強い酸化力をもつラジカルが発生



塗膜表面：　**微小な凹凸**を形成
⇒光沢低下

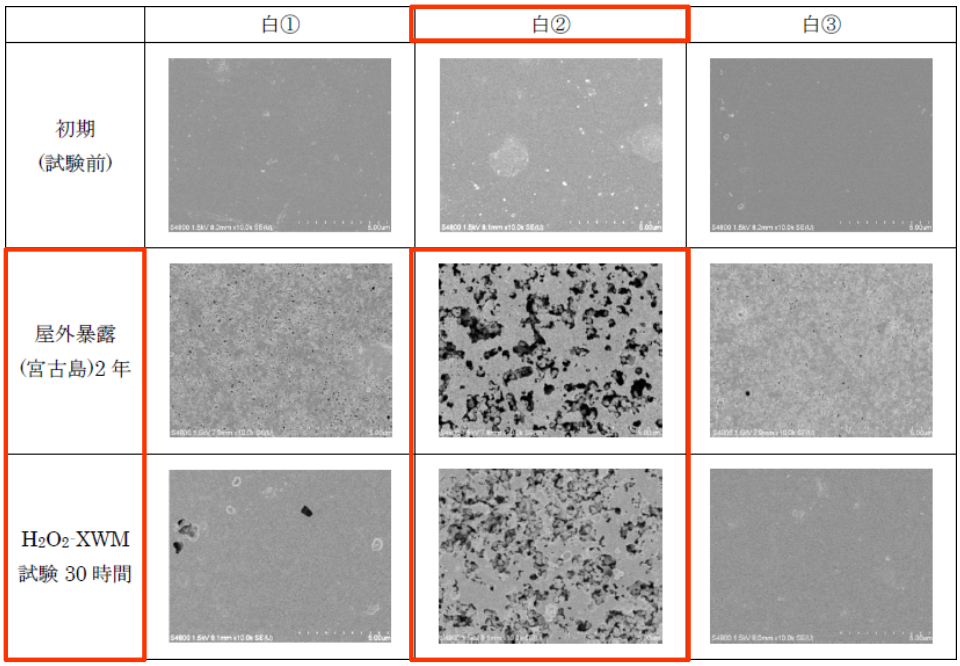
無数の巣穴を形成
⇒光沢低下(大)

屋外での劣化現象を捉えるには①②の劣化機構を再現し得る促進試験が必要

※参考・出典：[解説] 過酸化水素水を用いた塗膜の耐候性試験技術,色材((一社)色材協会),77[5] (2004)

■ 解析　塗膜表面のSEM観察

【白系塗膜】塗料①～③



・屋外暴露試験 (宮古島)：２年
・H_2O_2-XWM試験：30h

白②・・・共に早期光沢低下
塗膜表面に無数の巣穴を確認

同様の劣化形態(＝光触媒作用)

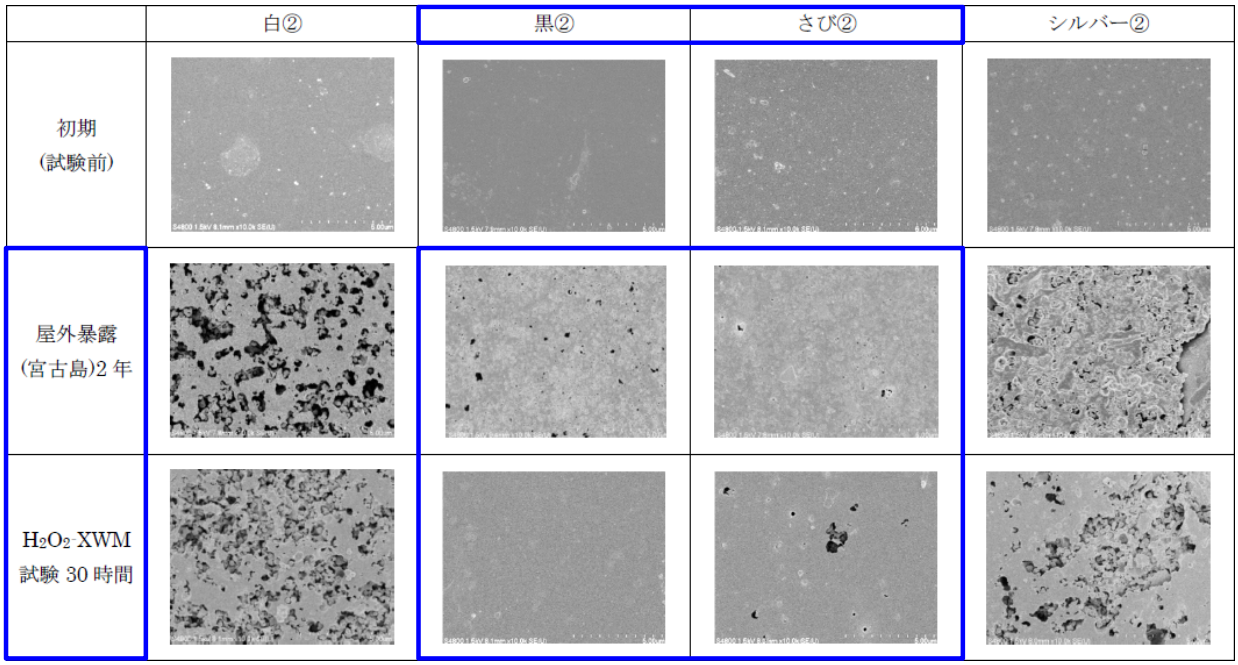
塗料(製品)による差異
≒ 光触媒反応抑止対策の差

・酸化チタン顔料・・・種類・グレード
・塗膜構造・・・表層の酸化チタン顔料濃度分布

H_2O_2-XWM試験では屋外暴露と同様光触媒作用による劣化が認められる

■ 解析　塗膜表面のSEM観察

【塗料②】各色



塗料(色調)による差
≒ 酸化チタン顔料の含有量が影響

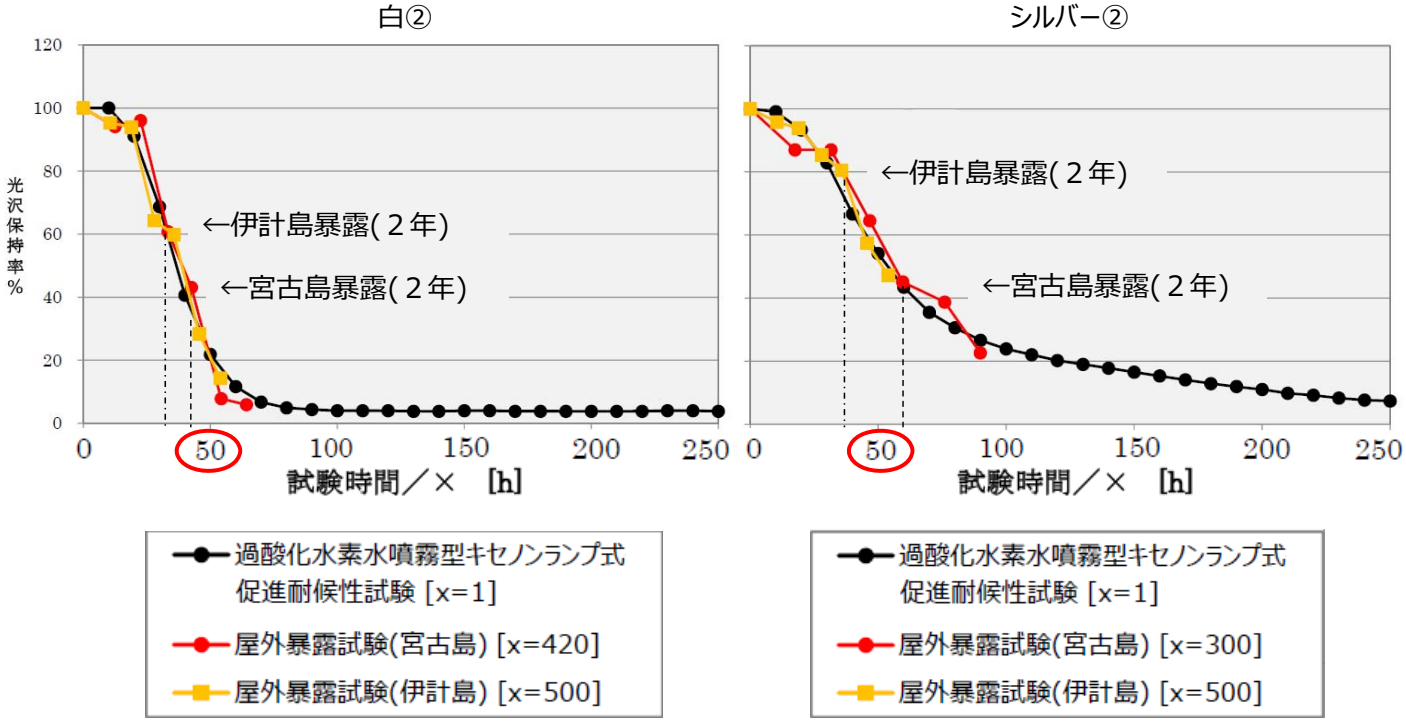
白系・淡色系・・・光触媒作用による劣化の危険性高
黒系・濃色系・・・　　〃　　低

酸化チタン含有塗膜(白系・淡色系塗料)は光触媒作用による劣化に注意

■ 考察2） 試験評価時間について

光沢保持率

【過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式】 機種A

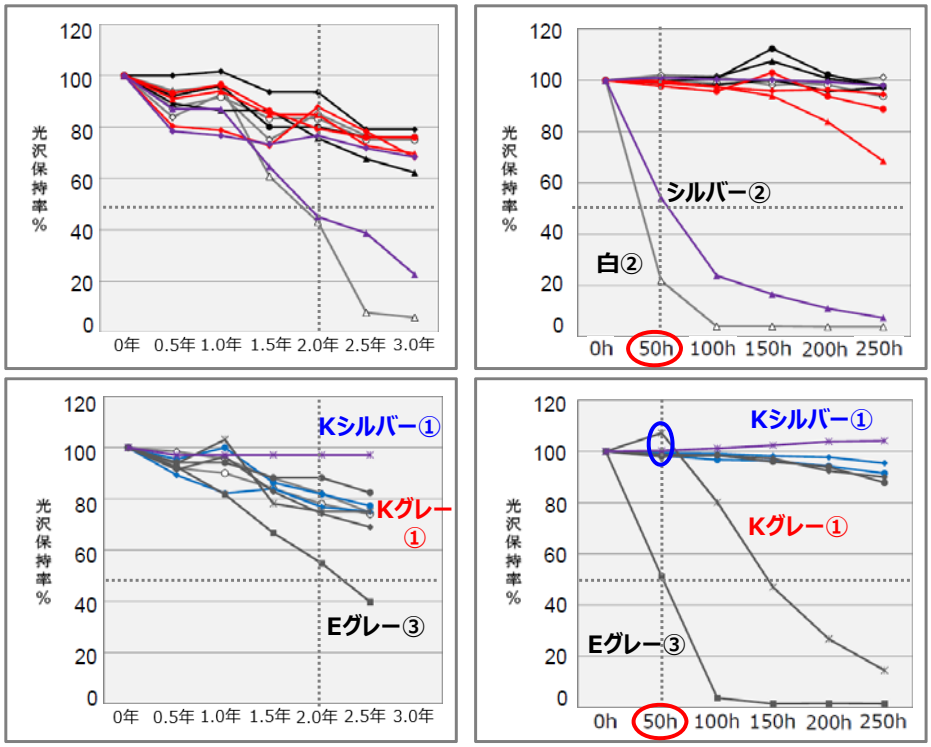


H_2O_2-XWM試験約50時間で屋外暴露(南西諸島)2年相当の光沢低下を再現

※評価時間として250時間は過剰

■ 考察3） 溶剤系ふっ素樹脂塗装の結果について

屋外暴露(宮古島)　　H_2O_2-XWM



熱可塑形ふっ素樹脂塗装

Kグレー①：ソリッド色

・・・光触媒劣化の影響あり

※但し50ｈでは変化なし

Kシルバー①：メタリック色

トップコート(クリヤー塗装)が光触媒劣化を抑制

・・・20年以上の実績

ふっ素/PE複合樹脂粉体塗装

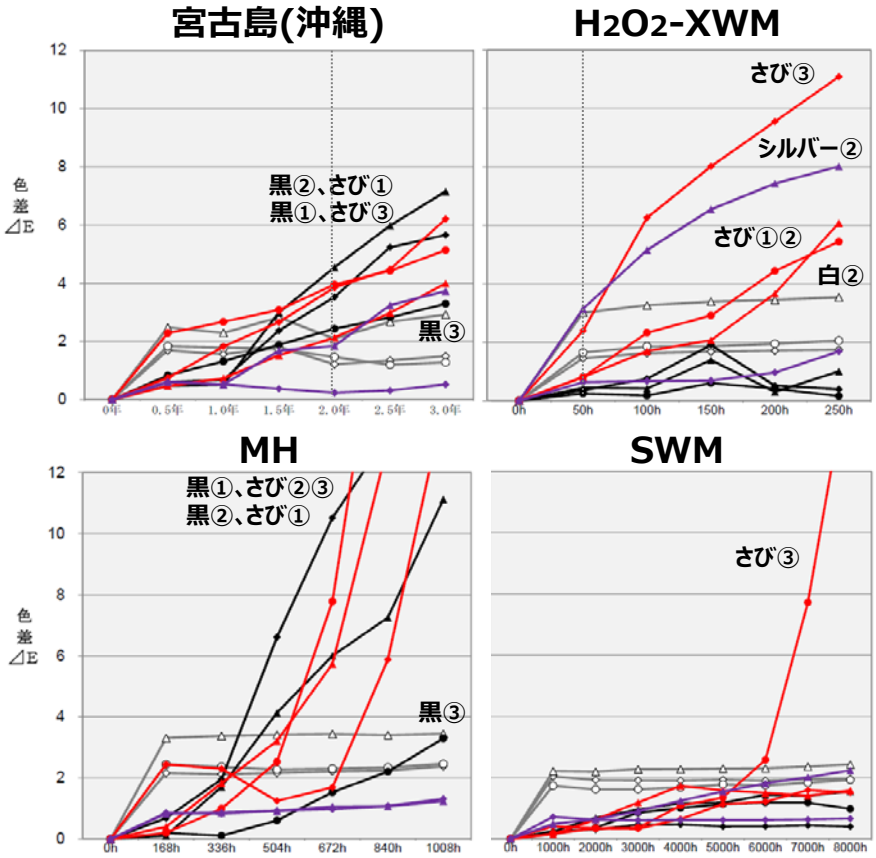
特有の塗膜構造(相分離)が光触媒劣化を抑制

・・・ふっ素塗装(溶剤系)を凌ぐ長期耐久性？

ふっ素/ポリエステル複合樹脂粉体塗装 ≧ ふっ素樹脂塗装(溶剤系)？

溶剤塗装の代替えとして建築外装に十分適用可能

■ 考察4） 屋外暴露と各種促進試験の比較（色調変化）



【H_2O_2水噴霧型キセノンランプ式】

さび系は色調が大きく変化したが
黒系は殆ど色調変化なし

黒系塗料：白顔料(酸化Ti)非含有
＝光触媒劣化を生じない

キセノンランプ式・・・50h程度
＝紫外線劣化の促進性劣る

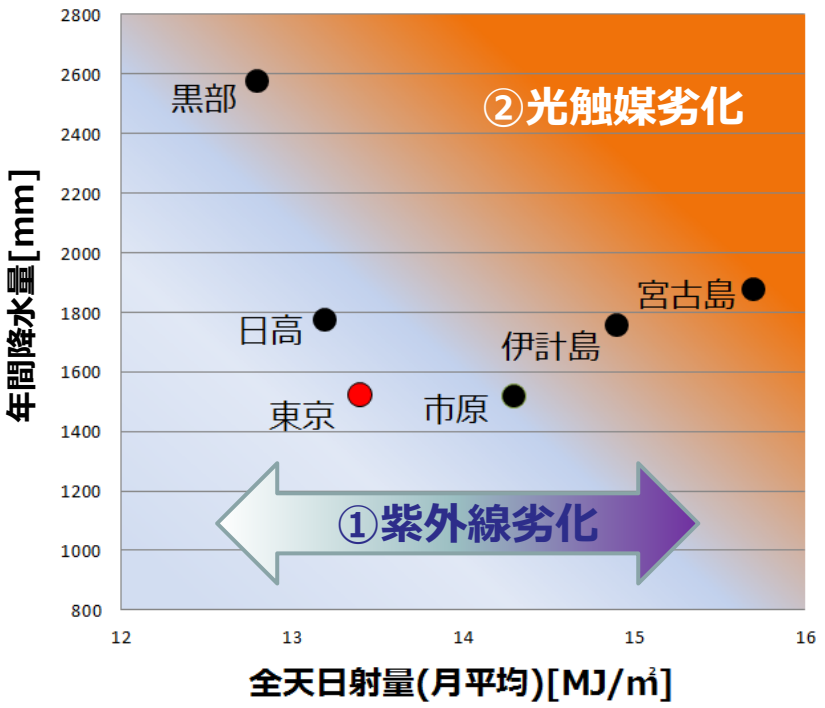
色調変化≒紫外線による退色

屋外暴露で生じる色調変化の
再現性(促進性)に欠ける

屋外暴露による色調変化の傾向を捉えるにはメタルハライドランプ式が有効

≒紫外線劣化

■ 暴露環境による耐候劣化のイメージ（推測）



・過酸化水素水噴霧型
キセノンランプ式
・・・②の促進性に優れる
（①の促進性に欠ける）
＝②が支配的な南西諸島での
暴露試験と類似の傾向

・メタルハライドランプ式
・・・①の促進性に優れる
（②の再現性がない）
＝南西諸島での暴露試験との
相関に欠ける一要因

H_2O_2-XWM試験は南西諸島における屋外暴露の劣化再現性に優れる

※南西諸島より光触媒劣化の寄与率が低い“東京”における白②、シルバー②の耐候性は？

6. 総括

■ まとめ

屋外環境における塗膜の劣化機構

①紫外線劣化

②光触媒劣化　・・・酸化チタン(白顔料)含有塗膜に早期劣化の可能性

大半の塗料(調色)に使用

(要対策)

ふっ素/ポリエステル複合樹脂粉体塗料

・複合樹脂特有の塗膜構造(相分離)　・・・屋外使用で長期耐久性が期待

・酸化チタン顔料の選定・濃度分布(塗膜表層)　・・・②の進行/抑制に寄与

⇒製品・色調により耐候性に差

耐候性の差を見極めるには…

南西諸島における屋外暴露試験　：2年相当

・・・②の劣化が支配的

H_2O_2-XWM促進耐候性試験　：50h程度

・・・②の劣化を再現可

光沢変化の傾向が類似

②による同様の劣化形態

H_2O_2-XWM試験は早期劣化の可能性がある塗料を短時間でスクリーニング可能

塗料(製品・色調)選定時に実色による耐候性確認も

■ 課題

1) 酸化チタンの光触媒作用による劣化の影響は地域(環境)によって異なる。

・南西諸島に対する一般地域の劣化速度の差や傾向の違いは？

日高：顕著な劣化なし　黒部：南西諸島に次ぐ光沢低下

・ふっ素/ポリエステル複合樹脂粉体塗料を
実際の建築物に採用した場合の耐候性予測(期待耐用年数)

・・・更なる継続的な評価が必要。

2) H_2O_2-XWM試験における暴露試験との更なる相関性の向上

・キセノンランプ式・・・紫外線劣化の促進性に欠ける(≪光触媒劣化)

黒系塗料：屋外暴露と異なる挙動

・紫外線劣化/光触媒劣化の比率調整＝相関性向上⇔試験時間の延長

メタルハライドランプ式による評価併用、試験条件の最適化(→標準化)が必要

以上

ご清聴ありがとうございました

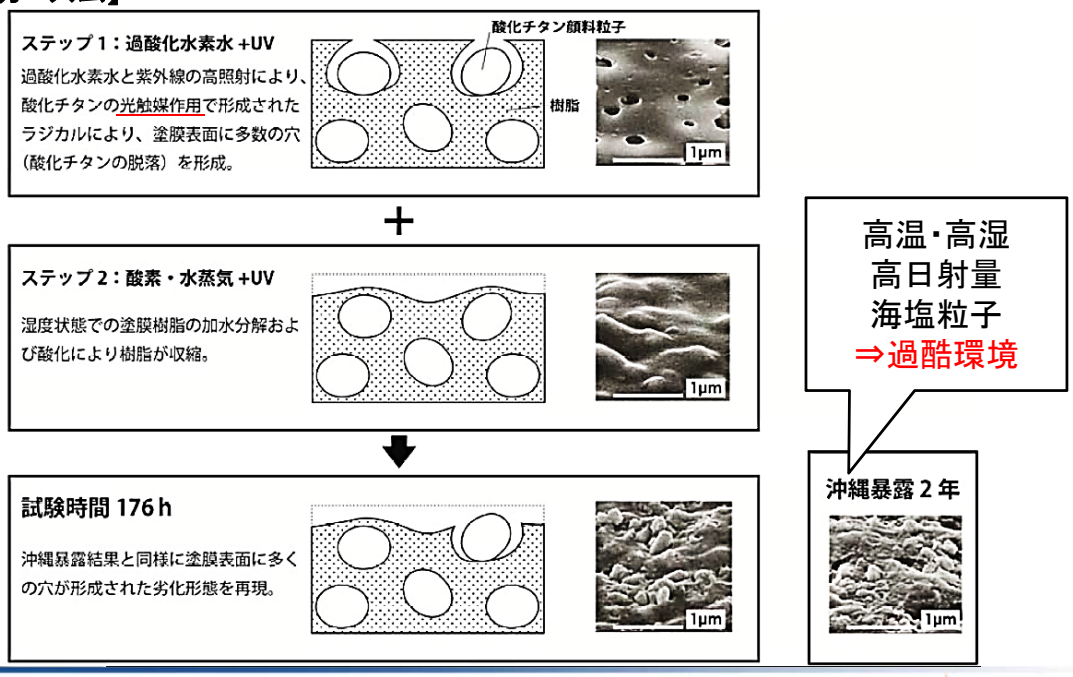
建築材料用塗膜の
超促進耐候性試験機のご紹介

2020年2月27日（木）
スガ試験機株式会社
大塚 健太

過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験について

2000年頃に豊田中央研究所様で本試験方法を開発
紫外線による照射と、過酸化水素水のスプレを行う試験。塗膜の耐候性を超高速で評価可能。

【劣化のメカニズム】



参考文献：「過酸化水素水を用いた塗膜の耐候性試験技術」 舘 和幸

過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験について

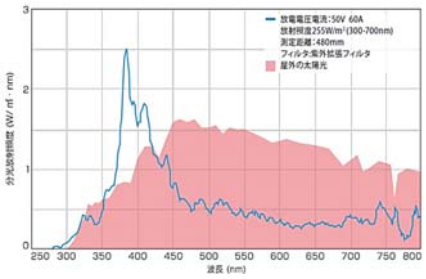
酸化チタンの光触媒反応による塗膜の劣化を超高速に評価することが可能で、沖縄暴露試験と相関性が有ると評価され、自動車、建材、塗料、酸化チタンメーカーなどの業界で用いられている。

本委員会では、塗料業界で実績のある試験条件を基本条件とし、屋外暴露試験との相関性向上を目標とした新しい条件も評価した。

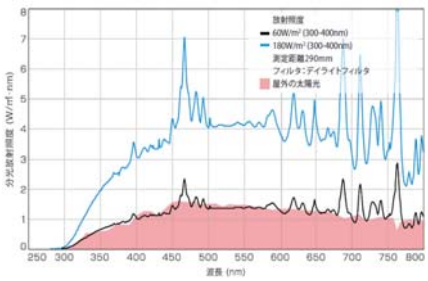
本セミナーでは、過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験機の構成・構造の説明や試験を行う上での注意点、試験結果例を紹介する。

促進耐候性試験機の光源の紹介

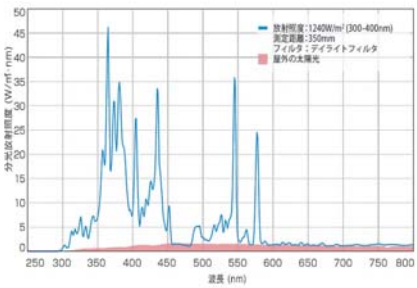
サンシャインカーボン



キセノンランプ



メタリング®ランプ



サンシャインウェザーメーター
S80

スーパーキセノンウェザーメーター
SX75

メタリングウェザーメーター
M6T

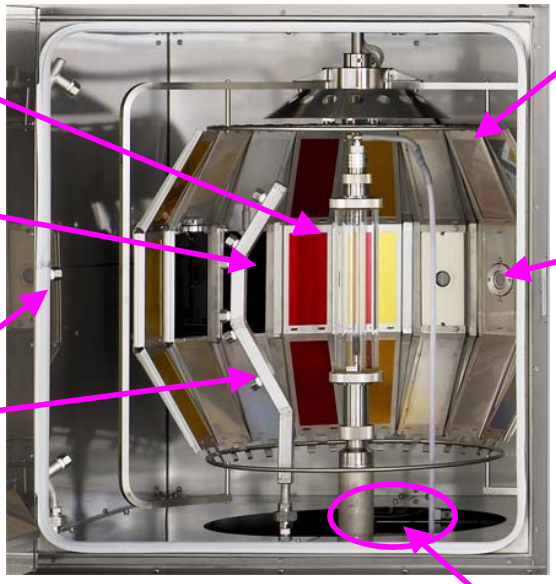
メタリング®は、スガ試験機株式会社の登録商標です。

キセノンウェザーメーターの試験槽内部基本構造

キセノンランプ
（デイライト フィルタ）
屋外の太陽光を再現

ブラックパネル温度
(BPT)センサ
試料面のBPT温度を制御

試料スプレ
（表面・裏面）
雨、結露等を再現
純水・過酸化水素水
を使用
※写真は純水用スプレ管



SX75の試験槽内部

試料枠、試料ホルダ
試料を固定し、
ランプの周りを回転

受光器
放射照度[W/m²]を測定
電力調整器により制御

乾湿球センサ
槽内温度、槽内湿度を測定

エアヒータ、冷却装置、湿度発生機等により温湿度を制御

過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験機の構成・構造

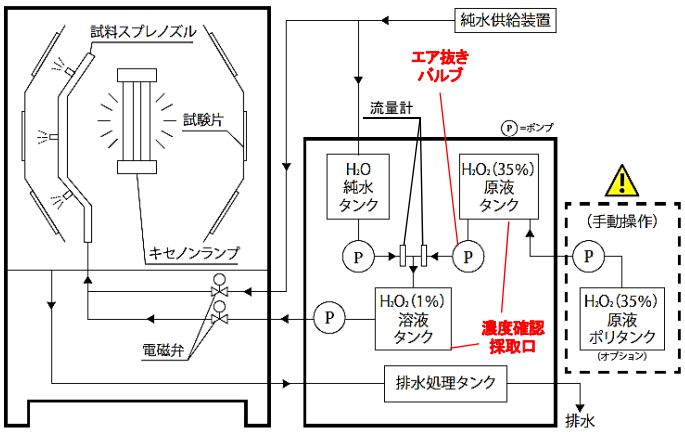
超促進耐候試験装置　SX-H_2O_2

ウェザーメーター試験中、過酸化水素水をスプレ※し、酸化チタンを主顔料とした塗膜の耐候性を超高速で評価します。スプレ水供給装置の内蔵タンク内で、純水と過酸化水素水を自動的に混合、一定濃度の過酸化水素水を作成します（PAT.）。2001年より販売開始し、自動車、建材、塗料、酸化チタンメーカー等の業界に販売。

スーパーキセノン
ウェザーメーター
SX75

過酸化水素水
スプレ供給装置

構造図(H_2O_2濃度は一例です)



※㈱豊田中央研究所様との技術提携品。

過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験機の注意事項

【注意】過酸化水素水は劇物です。
過酸化水素水を取扱う時は、保護手袋・保護眼鏡等を必ず着用してください。万が一皮膚等に付いた場合は、直ちに多量の水で洗い流してください。

【安全設計】
・過酸化水素水スプレ供給装置は、過酸化水素水を自動で試験濃度に調整しウェザーメーターに供給する。スプレ後の排液は排水処理タンクにより分解し排水される。
・スーパーキセノンウェザーメーターは、外気の出入りが無い密閉循環方式の為、過酸化水素水を含んだ空気を外気に放出することが無い。
・試験後に純水で試験片を自動洗浄を行う。
・試験槽扉のロック機構により試験中は扉が開かない。

【本試験の注意点】
促進性が非常に高い為、試験結果の再現性には正しい運用が重要
・過酸化水素水の濃度管理
　⇒定期的に試験溶液濃度の確認が必要です。
　　ポンプのエア抜き、流量の再調整
・試験片のローテーション
　⇒定期的に上・中・下段の入れ替えが必要です。

スーパーキセノンウェザーメーター SX75

過酸化水素水スプレ供給装置

本委員会での試験条件

1.過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験

★基本条件をマイルドにして、屋外暴露試験との相関性を向上できるか試みた

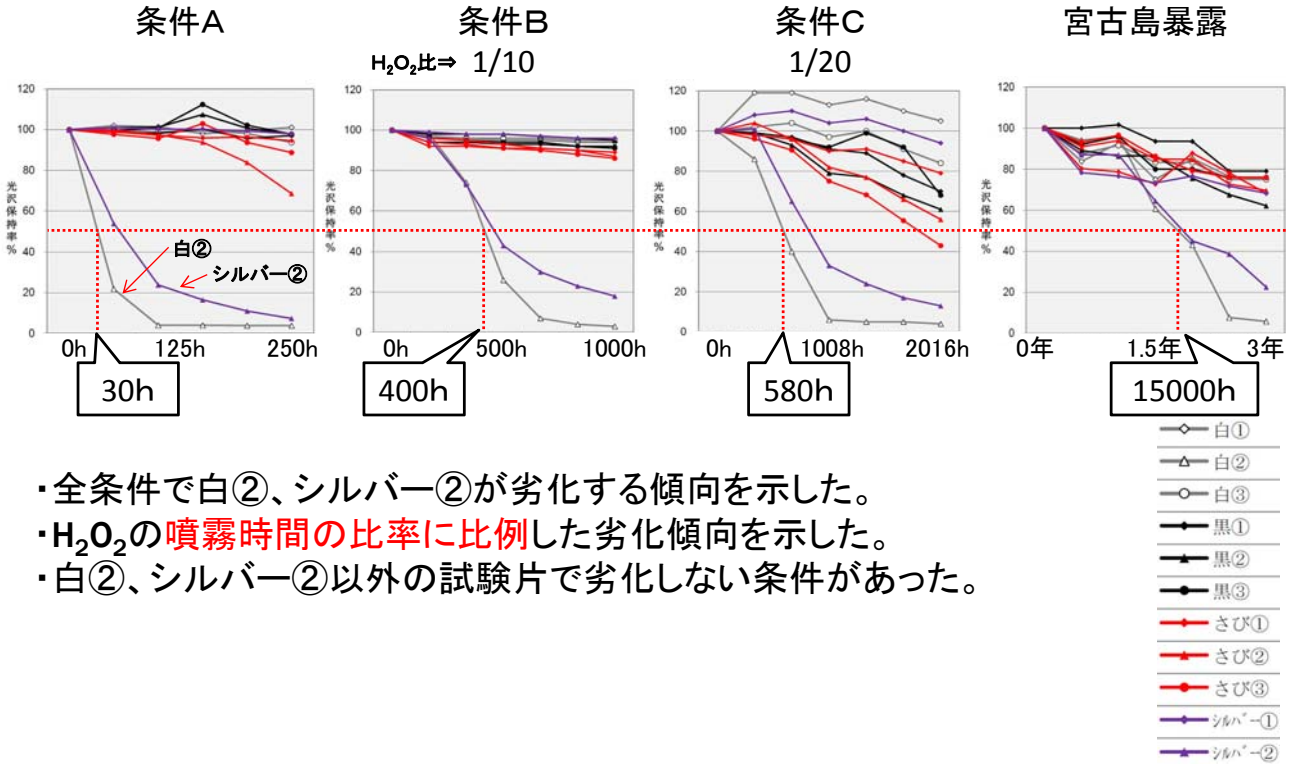
試験方法	ステップ	基本条件	試験条件					
			条件 A ※ (②のみ)		条件 B (①:②=10:1)		条件 C (①:②=22:1)	
		時間	繰返し	小計	繰返し	小計	繰返し	小計
①キセノンランプ式 (JIS H 8602 準拠)	照射(60W/m²)	102 分	—		5 回	10h	11 回	22h
	照射＋純水噴霧	18 分						
②過酸化水素水噴霧型キセノンランプ式	照射＋H_2O_2水噴霧	3 分	24 回	2h	12 回	1h	12 回	1h
	照射(80W/m²)	2 分						
	暗黒＋純水スプレ	30 分	1 回	0.5h	2 回	1h	2 回	1h
	合計時間(1 サイクル)		2.5h		12h		24h	
	試験時間(総計)		250h (100 サイクル)		1,000h (83.3 サイクル)		2,016h (84 サイクル)	
	1日当たりのH_2O_2噴霧時間 (hr/day)		11.52		1.2		0.6	
	条件AとのH$_2$O$_2$噴霧時間比率		1		1/10		1/20	

※本委員会で3水準試験した結果、条件Aが適していた。

2.メタルハライドランプ式の超促進耐候性試験

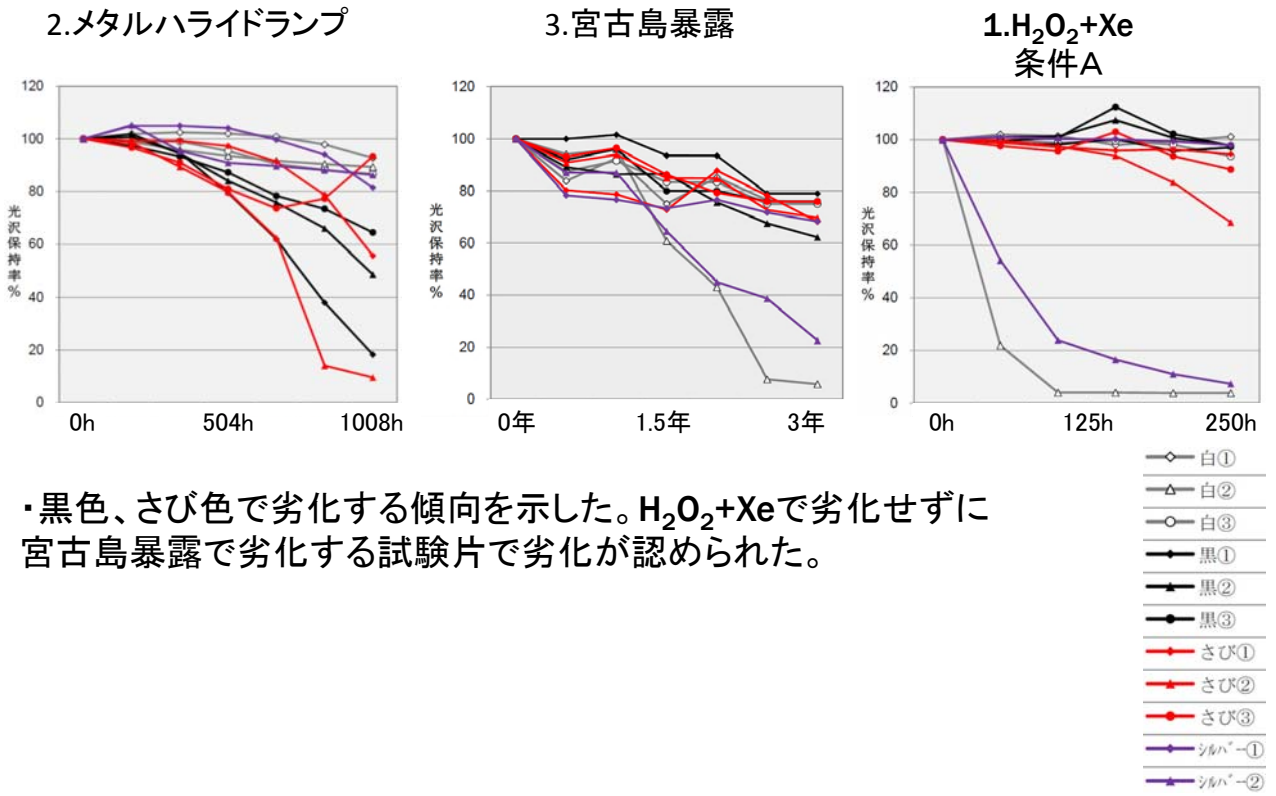
3. 屋外暴露試験（宮古島）

1.過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験結果



・全条件で白②、シルバー②が劣化する傾向を示した。
・H_2O_2の噴霧時間の比率に比例した劣化傾向を示した。
・白②、シルバー②以外の試験片で劣化しない条件があった。

1,2,3の試験結果比較



・黒色、さび色で劣化する傾向を示した。H_2O_2+Xeで劣化せずに宮古島暴露で劣化する試験片で劣化が認められた。

試験結果のまとめ

・過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験は宮古島の屋外暴露試験と比較して、白、シルバー色の一部の試験片で相関性が認められ、短時間で評価できる。

・過酸化水素水の噴霧時間の比率に比例した劣化傾向を示した。また、白及びシルバー色以外の試験片では劣化が起こらない場合があった。

・メタルハライドランプ式の超促進耐候性試験では、過酸化水素水噴霧型のキセノンランプ式促進耐候性試験とは劣化傾向が異なり、黒、さび色で劣化する傾向を示した。

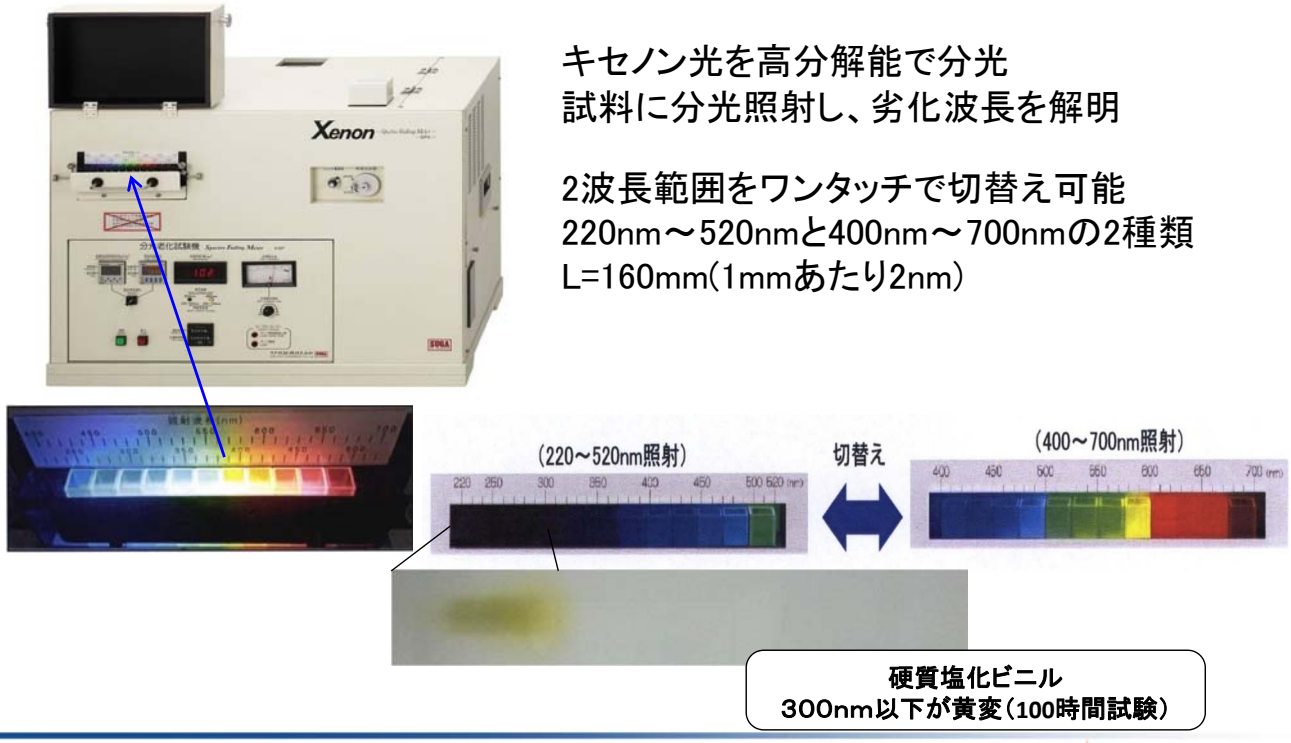
⇒試験の特徴を理解し、複数種類の試験を行うことが有効である。

塗料関係の試験機の紹介

・分光老化試験機
・複合サイクル試験機
・遮熱塗料の熱性能試験機
・スガ摩耗試験機
・写像性測定器

分光老化試験機　SPX

～劣化の原因となる波長を解明～



キセノン光を高分解能で分光
試料に分光照射し、劣化波長を解明

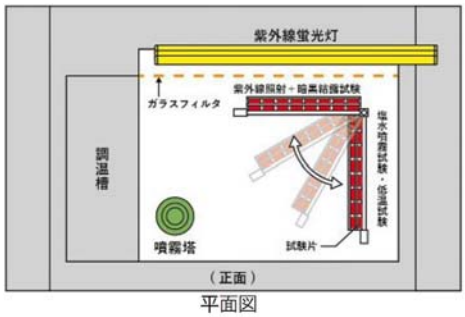
2波長範囲をワンタッチで切替え可能
220nm～520nmと400nm～700nmの2種類
L=160mm(1mmあたり2nm)

ISO 21475 Plastics — Methods of exposure to determine the wavelength dependent degradation using spectrally dispersed radiation （日本提案）

複合サイクル試験機（CCT+UV）

～海洋鋼構造物の防食塗装システムISO 12944-9に対応～

模式図

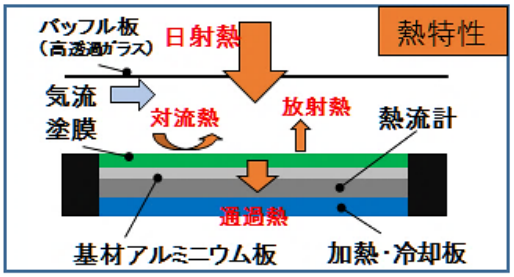


紫外線蛍光灯による照射・暗黒結露試験・塩水噴霧試験・低温試験の
サイクル試験が全自動で可能です。

ISO 12944-9 Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 9: Protective paint systems and laboratory performance test methods for offshore and related structures

遮熱塗料の熱性能試験機

～塗膜の熱性能のJIS K 5603に対応～



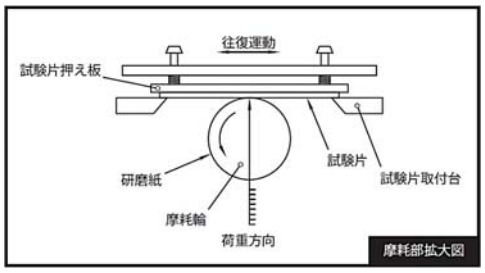
環境負荷低減の観点から注目されている遮熱塗料の塗膜を通過した熱量を直接的に測定する試験機です。

日本塗料検査協会様、日本塗料工業会様およびスガ試験機の共同開発製品です。

JIS K 5603 塗膜の熱性能 ― 熱流計測法による日射吸収率の求め方

スガ摩耗試験機

～ISO 7784-3, ISO 8251, ISO 10074, JIS K 5600-5-10, JIS H 8682-1に対応～



アルミニウムの陽極酸化被膜や塗膜などの耐摩耗性評価を行う装置です。試験片の下側より摩耗輪を当てる方式のため、摩耗粉によるすべりが発生せず試験再現性が良く、摩耗回数と摩耗量の直線性に優れています。

ISO 7784-3 Paints and varnishes ― Determination of resistance to abrasion ― Part 3: Method with abrasive-paper covered wheel and linearly reciprocating test specimen
ISO 8251 Anodizing of aluminium and its alloys ― Measurement of abrasion resistance of anodic oxidation coatings
ISO 10074 Anodizing of aluminium and its alloys ― Specification for hard anodic oxidation coatings on aluminium and its alloys
JIS K 5600-5-10 塗料一般試験方法―第 5 部：塗膜の機械的性質―第 10 節：耐摩耗性（試験片往復法
JIS H 8682-1アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐摩耗性試験方法―第 1 部：往復運動平面摩耗試験
ISO/DIS 20329 Plastics - Determination of abrasive wear resistance by sliding friction

写像性測定器

～ISO 20266, ISO 17221に対応～

IC-45型, IC-60型(反射専用機)

	塗装板(シルバー)	塗装板(シルバー)
Gs(60°)%	92.9	92.3
Gs(20°)%	82.1	82.1
C%	29.8	92.6

IC-T型(透過専用機)

物体の表面に写る像の写り具合や、塗装板の表面状態の管理をはじめ、製品の仕上がり美観を重視した品質管理に適しています。

【特長】
・測定1回約5秒の高速測定
・大型の試料室(試料台)により、大きな試料・成型品も測定可能

ISO 20266 Paints and varnishes — Determination of image clarity (degree of sharpness of reflected or transmitted image)
ISO 17221 Plastics — Determination of image clarity (degree of sharpness of reflected or transmitted image)

ご清聴ありがとうございました

アルミニウム合金製建築材料の粉体塗装の促進劣化試験方法開発委員会

	氏名	所属
委員長	野平 修	野平外装技術研究所
委員	齋藤 俊、尾知 修平、早川 和成	旭硝子株式会社
〃	伊東 昭博	伊東外装計画事務所
〃	野浦 公介、川本 酉元、田中 孝一	関西ペイント株式会社
〃	遠藤 亮	三協立山株式会社
〃	渡辺 真、大塚 健太	スガ試験機株式会社
〃	野澤 治男	タイガードライラック ジャパン株式会社
〃	渡部 直康	大日本塗料株式会社
〃	田中 晶全	不二サッシ株式会社
〃	後藤 善光	株式会社マルシン
〃	前田 一輝、加納 純一	宮越工芸株式会社
〃	鈴木 誠	株式会社ＬＩＸＩＬ
〃	伊井 敏彦、杉山 怜	ＹＫＫ ＡＰ株式会社
事務局	佐藤 信幸、遠藤 哲、松岡 大志	一般社団法人 軽金属製品協会

（会社名五十音順）

発行元：　一般社団法人軽金属製品協会、アルミ合金材料工場塗装工業会
発行日：　2020年2月27日

※無断転載禁止（非売品）