

土研資料第1236号

土木研究所資料第一二二六号

土木研究所資料

海上長大橋用着色塗料の色調選定試験

海上長大橋用着色塗料の色調選定試験

昭和52年3月

昭和五十二年三月

建設省土木研究所

建設省土木研究所

ま え が き

海上長大橋の塗装に用いる着色塗料の色調は、架橋地点周辺の自然環境と調和したものでなければならないが、塗装の経済性の観点からは、美観上の塗り替えを少なくできるような、よごれや変退色の少ない色調、あるいは、よごれや変退色が目立たない色調であることが望まれる。

着色塗料における色の耐久性の問題は、鋼橋塗装において、今後、長期防錆志向が強まると予想されることから、ますます重要視されると考えられるが、現在のところでは、参考となる資料は極めて少ないのが実情である。

このため、代表的な種類の着色塗料について、色調と色の耐久性の関係を明らかにする目的で、大気暴露試験と室内における促進耐候性試験の実施を計画した。

試験は、5カ年計画で実施中であり、現在までに、大気暴露1年及び3年後の調査と2000時間に及ぶ促進耐候性試験を終了している。この一連の試験により、着色塗料の種類別及び色調別の色の耐久性がかなり明らかになってきたので、その結果を報告する。

なお、本試験は、本州四国連絡橋の塗装に用いる着色塗料の色調の選定ならびに、試験成果を着色塗料に関する本州四国連絡橋公団規格に反映する目的で、昭和49年度に本州四国連絡橋公団の委託を受けて試験を開始したが、昭和50年度で委託終了のため、昭和51年度以降は、道路事業調査費により試験を継続実施しているものである。

化学研究室室長	蒔	田	実
同 主任研究員	森	芳	徳
同 研究員	西	島	高 秀

目 次

まえがき

1. 試 験 概 要	1
1.1 色調及び顔料の選択	1
1.2 展色剤の選択	3
2. 試 験 方 法	4
2.1 塗装試験片の製作	4
2.2 試 験 方 法	4
3. 試験結果および考察	7
3.1 大気暴露試験結果と促進耐候性試験結果の相関について	7
3.2 目視による変退色度と色差との相関性について	7
3.3 展色剤の種類が光沢及び色差に及ぼす影響について	7
3.4 色調と変退色度の関係について	24
4. ま と め	26
あ と が き	27

1. 試 験 概 要

本試験は、着色塗料として用いられる可能性のある長油性フタル酸樹脂系、塩化ゴム系、ポリウレタン樹脂系などの塗料について、着色顔料の種類及び配合比の明らかな各種の色調の着色塗料を試作して大気暴露試験及び促進耐候性試験をおこない、色の耐久性と顔料の種類と配合比の関係及び屋色剤の種類が色の耐久性に及ぼす影響を調査するためのもので、その概要はつぎのようである。

1.1 色調及び顔料の選択

考えられる色調は無限にあるので、顔料を整数比で混合し、色系統色を作った。これにより、各顔料の耐久性が明らかになり、試作塗料周辺の色調の耐久性も推測することができる。

なお、各色とも原則として濃色と淡色で試験した。

顔料の選択は次のようにおこなった。

(1) 赤 色 料

橋梁で一般的に用いられているアゾ系の顔料と、更に性能がよく、高級焼付塗料に用いられるシンカシャレッド（キナクリドン系）を用いた。淡色では変色傾向が顕著に現われるので、それぞれチタン白で薄めた色も作成した。赤顔料に弁柄や酸化鉄黄を併用すると色調は濁るが変退色しにくくなるので、これらの組合せについても試験対象とした。

(2) 橙 色 系

航空標識色として試験した。オレンジ顔料には、有機系と無機系があるが、前者は耐候性が不十分で、いんべい力不良のため除外した。無機系顔料は黒変するので、特殊コーティングしたものを用いた。退色はするが、黒変のないものとして、アゾ系の赤と黄の混合品も選択した。

(3) 黄 色 系

変退色に多少の不安があるが色の鮮明なものとしてアゾ系と黄鉛を選択した。ただし、一般の黄鉛は黒変するので特殊コーティングしたものを選んだ。また、色調は濁るが耐候性のよいものとして酸化鉄黄も選択した。

(4) 青色系及び緑色系

耐候性のよいシアニン系を選択した。

(5) 灰 色 系

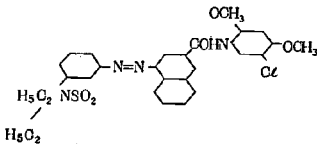
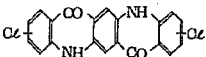
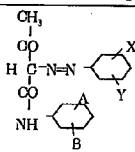
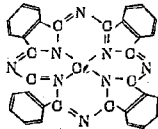
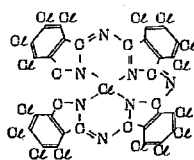
カーボンブラックとチタン白の組合せを選択した。

(6) M I O 色系

マイカ状酸化鉄（M I O）を単独で使用した。

試験に用いた顔料及びその組成を表-1にまとめて示した。

表-1 使用した顔料及び組成

顔 料 名	組 成
アゾ系赤	
シンカシヤ赤 (キナクリドン系)	
チタン白	TiO ₂ (ルチル型)
弁 柄	Fe ₂ O ₃
酸化鉄黄	FeO (OH) nH ₂ O
アゾ系黄	 X, Y, A, B Cl, OCH₃, NO₂ etc.
モリブデートオレンジ	PbCrO ₄ ・PbMoO ₄ ・PbSO ₄ + コーティング
黄 鉛	PbCrO ₄ + コーティング
シアニンプール	
シアニングリーン	
カーボン	C
MIO	Fe ₂ O ₃

1.2 展色剤の選択

塗膜の保色性は、顔料の種類及び配合比以外に展色剤の作用も受ける。これらの関係を調査するために、展色剤の種類として、現在、わが国において海上長大橋に比較的多く用いられている長油性フタル酸樹脂、塩化ゴム系樹脂と、今後用いられる可能性のあるポリウレタン樹脂を選定し、さらに、比較試料としてシリコンアルキド樹脂、フェノール樹脂を加えて試験に供した。

使用した展色剤とその概略組成を表-2に示す。

表-2 使用した展色剤及び組成

展 色 剤 名	組 成 等
長油性フタル酸樹脂	油長 65 %(大豆油使用)
塩 化 ゴ ム	塩素化イソブレン 塩化パラフィン アルキド樹脂
ポリウレタン樹脂	ポリオール 46.8 非黄変性イソシアネート 16.7 添 加 剤 0.8
シリコンアルキド樹脂	シリコン変性度 30 %
フェノール樹脂	フェノール樹脂ワニス(油長 60 %)

2. 試 験 方 法

2.1 塗装試験片の製作

(1) 供 試 塗 料

表一に示した顔料を用いて、長油性フタル酸樹脂系塗料24色、塩化ゴム系塗料24色、ポリウレタン樹脂系塗料12色、シリコンアルキド樹脂系塗料1色、フェノール樹脂系塗料1色の5種類、合計62色の塗料を製造して試験に供した。各展色剤別の顔料配合比を表一3に示す。

(2) 塗装試験片

厚さ1.2mmのみがき軟銅板を用い、試験目的に応じてつぎの寸法の試験片を製作した。

① 大気暴露試験用

長期暴露用 10×20cm, 各塗料1色につき1枚

途中観察用 5×15cm, 各塗料1色につき3枚

② 促進耐候性試験用 5×15cm, 各塗料1色につき1枚

2.2 試験方法

(1) 色の耐久性試験方法

① 大気暴露試験

本州四国連絡橋公団の気象観測塔（神戸市垂水）の暴露架台に塗装試験片を暴露した。

② 促進耐候性試験

標準型ウェザーメーターを用い、標準条件（120分中水噴射18分）において変退色を促進させた。

(2) 変退色度の測定

① 目視による観察

目視により変退色の程度を標準塗り板（劣化しないよう保存しておいた塗装試験片）と比較し、つぎの判定基準により判定した。

評 価

- A 変退色を認めず
- B やや変退色あり
- C 変退色あり
- D 変退色やや著しい
- E 塗り替えを必要とする程度の変退色
- F 原色をとどめず

② 色差測定

表-3 色調別顔料配合比(重量比)

色 調	濃 色	淡 色	展 色 剤
赤 色	1-① アゾ系赤 100	1-② アゾ系赤 30 チタン白 70	長油性 フタル酸
	2-① キナクリドン系赤 100	2-② キナクリドン系赤 30 チタン白 70	"
	3-① アゾ系赤 70 弁 柄 30	3-② 3-① 30 チタン白 70	"
	4-① アゾ系赤 50 弁 柄 50	4-② 4-① 30 チタン白 70	"
	5-① アゾ系赤 35 弁 柄 30 酸化鉄黄 25 チタン白 10	5-② アゾ系赤 10.5 弁 柄 9.0 酸化鉄黄 7.5 チタン白 73.0	"
	6-① アゾ系赤 25 弁 柄 50 アゾ系黄 25	—	"
橙 色	7-① モリブデートオレンジ 100	—	"
	8-① アゾ系赤 10 アゾ系黄 80 チタン白 10	—	"
黄 色	9-① 酸化鉄黄 100	9-② 酸化鉄黄 40 チタン白 60	"
	10-① アゾ系黄 100	—	"
	11-① 黄 鉛 100	11-② 黄 鉛 50 チタン白 50	"
	—	12-② アゾ系黄 20 酸化鉄黄 20 チタン白 60	"
青 色	13-① シアエンブルー 70 チタン白 30	13-② シアエンブルー 5 チタン白 95	"
緑 色	14-① シアエングリーン 80 チタン白 20	—	"
灰 色	—	15-② カーボン 1 チタン白 90	"
赤 色	1-① アゾ系赤 100	—	シリコンアルキド
MIO 色	16 MIO 100	—	フェノール

色差は、色差計を用いて塗装試験片塗膜の L (明度), a , b (色相) 値を測定し, ΔE (色差) $= \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ により算出した。

色差計は、標準板で調整し測定するが調整誤差が出るので、デシケーター中に保存した塗り板との色差 (ΔE) を毎回測定し調整した。

(3) 光沢測定

光沢計を用いて 60 度鏡面反射率を測定した。

(4) 観察及び測定時期

① 大気暴露試験片については、1, 2, 3 年後の 1 年ごとに目視観察と光沢測定をおこなった。色差は 1, 3 年後に測定した。

② 促進耐候性試験片については、ウェザーメーター照射 100, 300, 500, 1000, 1500, 2000 時間後に目視観察、色差及び光沢の測定におこなった。

なお、各測定は原則として水洗後におこなった。

3. 試験結果及び考察

前述した方法により実施した大気暴露試験3か年間の結果を表-4に、促進耐候性試験2000時間までの結果を表-5に示す。また、各試験による塗膜の変退色の経過が1目でわかるように各調査時期ごとの塗膜の色調(水洗後の色調)を調色により再現したものを表-6及び表-7に示す。これらの試験結果からつぎのことが考察される。

3.1 大気暴露試験結果と促進耐候性試験結果の相関について

大気暴露試験3年後の色差と促進耐候性試験1000時間後の色差とを展色剤の種類別に比較すると図-1.2.3に示したとおりである。

長油性フタル酸樹脂系塗料の場合を例にとりて2つの試験結果の相関係数を求めて見ると、 $r = 0.758$ で明らかに相関性が認められる。これらの関係は、展色剤が塩化ゴム系の場合もポリウレタン樹脂系の場合も大同小異であることは図からも推定できる。このように、2つの試験結果の間には総体的には相関性ありと判断されるが、促進耐候性試験におけるウェザーメーターの噴射水のよごれによる影響が多少あったことや、後述するように色調により変退色促進度が異なる例が認められるなど、大気暴露試験を促進耐候性試験でおきかえることの適否を判断するには、十分なデータが得られなかった。

3.2 目視による変退色度と色差との相関性について

目視観察による変退色度と色差との関係は図-4,5に示したとおりである。図-4において点は目視による変退色度に対応した色差を示し、その左の上下の矢印と中心点は各変退色度に対応する色差群の標準偏差と平均値を示すものである。図より、目視観察結果と色差値の間には、全体としてよい相関性のあることがわかる。しかし、図-5により内容を詳細に分析して見ると、色差が10程度でも目視では変退色が認められない色調(橙色系)や色差が5以下なのに変退色が認められる色調(黄色系)、色差が15程度の赤色系濃色と色差が2.3の緑色系濃色や、色差が2.0の黄色系淡色が目視では変退色度が同程度と評価されるなど、評価する方法により変退色の度合が異なる場合がある。これは、人間の眼に感知されない色の変化が色差計では大きな変退色として測定されたり、その逆であったりするためと考えられる。たとえば、人間の目には白っぽく変色する色では変色度は大きく感じられるが、黒っぽくなるのは濃色系の場合にはそれ程明瞭には感知されないなどのためと考えられる。このように、目視の場合は色の変化に対する感じ方が色調ばかりでなく色の濃淡によっても異なるようである。

3.3 展色剤の種類が光沢及び色差に及ぼす影響について

大気暴露3年後における展色剤別の光沢測定結果の平均値及び色差測定結果の平均値を表-

表-4 大気暴露試験結果

()は水洗前測定値

色系統	試料 皿	使用顔料	暴露 年数	長油フタル酸			塩化ゴム			ポリウレタン		
				光沢	色差(ΔE)	目視	光沢	色差(ΔE)	目視	光沢	色差(ΔE)	目視
赤	濃	1㊦ アゾ系赤	0	64	—	—	82	—	—	78	—	—
			1	29	10.2(14.0)	B	79	4.6(12.6)	B	68	3.5(11.3)	B
			2	11(5)	—	B	57(41)	—	B	54(40)	—	B
			3	10(5)	15.2(16.6)	B	38(31)	9.8(9.2)	B	52(44)	7.4(11.4)	B
	2㊦ キナクリ ドン系赤		0	70	—	—	75	—	—	—	—	—
			1	30	11.4(13.4)	C	73	5.5(9.9)	C	—	—	—
			2	11(2)	—	C	34(9)	—	C	—	—	—
			3	5(3)	14.3(15.5)	C	13(7)	18.2(19.3)	C	—	—	—
	3㊦ アゾ系赤 弁柄		0	46	—	—	66	—	—	—	—	—
			1	19	8.3(11.0)	C	62	6.9(12.3)	B	—	—	—
			2	5(2)	—	C	57(16)	—	B	—	—	—
			3	2(1)	10.7(13.0)	C	56(26)	8.3(9.0)	B	—	—	—
	4㊦ アゾ系赤 弁柄		0	49	—	—	67	—	—	91	—	—
			1	22	7.8(10.8)	—	64	6.5(11.8)	B	86	1.9(7.8)	A
			2	9(3)	—	C	53(14)	—	B	73(50)	—	B
			3	4(2)	8.0(9.8)	C	43(27)	9.0(12.1)	B	66(46)	7.9(11.8)	C
	5㊦ アゾ系赤 弁柄 黄酸化鉄 チタン白		0	62	—	—	68	—	—	—	—	—
			1	34	9.4(12.8)	C	66	8.1(11.8)	B	—	—	—
			2	16(5)	—	C	58(20)	—	B	—	—	—
			3	7(3)	12.3(15.0)	C	50(15)	9.4(10.4)	B	—	—	—
	6㊦ アゾ系赤 弁柄 アゾ黄		0	56	—	—	64	—	—	—	—	—
			1	23	9.1(11.4)	C	62	5.6(12.1)	B	—	—	—
			2	7(3)	—	C	58(14)	—	B	—	—	—
			3	3(1)	10.0(12.1)	C	53(29)	5.0(8.5)	B	—	—	—
色	淡	1㊧ アゾ系赤 チタン白	0	56	—	—	67	—	—	87	—	—
			1	18	11.5(24.0)	D	57	12.6(18.4)	D	74	11.5(24.0)	C
			2	16(3)	—	D	46(15)	—	D	54(27)	—	C
			3	4(2)	25.1(37.3)	E	44(15)	18.5(29.1)	D	40(27)	17.0(30.7)	D
	2㊧ キナクリ ドン系赤 チタン白		0	70	—	—	71	—	—	—	—	—
			1	25	9.5(15.8)	C	63	9.1(16.0)	D	—	—	—
			2	9(4)	—	C	52(10)	—	D	—	—	—
			3	4(3)	18.1(31.6)	D	55(26)	16.5(28.8)	D	—	—	—
	3㊧ アゾ系赤 弁柄 チタン白		0	50	—	—	71	—	—	—	—	—
			1	16	14.2(17.0)	D	61	10.7(15.8)	C	—	—	—
			2	5(2)	—	D	46(13)	—	C	—	—	—
			3	2(1)	16.4(22.4)	D	42(16)	12.9(18.0)	C	—	—	—
	4㊧ アゾ系赤 弁柄 チタン白		0	53	—	—	67	—	—	93	—	—
			1	20	7.7(10.6)	C	57	10.1(13.3)	C	82	2.5(5.2)	B
			2	5(3)	—	C	47(15)	—	C	60(49)	—	C
			3	2(1)	8.6(12.4)	C	40(20)	7.0(16.4)	C	39(36)	9.3(12.5)	C
	5㊧ アゾ系赤 弁柄 酸化鉄黄 チタン白		0	57	—	—	65	—	—	—	—	—
			1	27	10.9(14.3)	C	57	9.4(12.8)	C	—	—	—
			2	8(4)	—	C	57(15)	—	C	—	—	—
			3	5(3)	13.0(18.2)	D	44(24)	9.0(15.9)	C	—	—	—
	6㊧ アゾ系赤 弁柄 アゾ系黄 チタン白		0	47	—	—	—	—	—	—	—	—
			1	44	5.2(6.1)	B	—	—	—	—	—	—
			2	19(8)	—	B	—	—	—	—	—	—
			3	13(9)	4.0(6.0)	B	—	—	—	—	—	—
橙	濃	7㊦ モリブ デート オレンジ	0	58	—	—	63	—	—	90	—	—
			1	27	12.2(15.7)	C	74	7.5(12.8)	C	86	3.4(10.6)	B
			2	11(4)	—	C	59(36)	—	C	77(50)	—	B
			3	5(5)	16.0(22.3)	C	43(27)	15.2(25.2)	C	79(66)	6.6(11.0)	B
	色	8㊦ アゾ系赤 アゾ系黄 チタン白	0	58	—	—	62	—	—	—	—	—
			1	22	11.0(13.5)	C	73	2.3(3.0)	A	—	—	—

(2)

色系統	試料名	使用顔料	暴露年数	長油性フタル酸			塩化ゴム			ポリウレタン		
				光沢	色差(Δ)	目視	光沢	色差(Δ)	目視	光沢	色差(Δ)	目視
黄色	濃色	1④ 酸化鉄黄	0	62	—	—	64	—	—	90	—	—
			1	47	3.2(4.3)	B	69	2.1(3.7)	B	97	0.9(3.7)	A
			2	20(9)	—	B	66(31)	—	B	84(55)	—	A
			3	19(11)	3.7(4.6)	B	58(22)	2.8(5.0)	B	90(68)	1.8(3.6)	A
	10④ アゾ系黄		0	68	—	—	75	—	—			
			1	39	4.4(8.4)	B	72	3.4(12.6)	B			
			2	7(4)	—	B	73(54)	—	B			
			3	—	6.3(10.1)	B	73(66)	11.4(12.5)	B			
	11④ 黄鉛		0	67	—	—	65	—	—			
			1	32	5.9(10.1)	B	64	6.7(11.5)	B			
			2	14(3)	—	B	47(23)	—	C			
			3	7(2)	8.1(14.4)	B	22(12)	12.1(17.3)	C			
	濃色	9⑥ 酸化鉄黄 チタン白	0	68	—	—	66	—	—	90	—	—
			1	53	2.1(4.0)	B	67	1.5(3.5)	A	97	1.1(4.7)	B
			2	29(9)	—	B	49(24)	—	B	73(58)	—	B
			3	16(10)	2.4(4.7)	B	39(20)	2.3(5.3)	B	66(59)	2.0(3.8)	B
	11⑥ 黄鉛 チタン白		0	75	—	—	61	—	—			
			1	38	5.6(9.4)	C	63	6.0(9.7)	C			
			2	26(5)	—	C	53(29)	—	C			
			3	14(5)	8.9(15.6)	C	39(12)	10.3(16.9)	C			
	12⑥ アゾ系黄 酸化鉄黄 チタン白		0	69	—	—	62	—	—			
			1	41	3.0(6.5)	B	54	3.9(6.5)	B			
			2	20(8)	—	C	57(22)	—	C			
			3	9(6)	4.8(9.4)	C	43(16)	10.0(14.4)	C			
青色	濃色	13④ シアニン ブルー チタン白	0	76	—	—	69	—	—	87	—	—
			1	58	5.8(11.5)	B	73	4.9(12.6)	A	88	5.8(10.6)	B
			2	33(19)	—	B	76(52)	—	B	75(60)	—	B
			3	17(14)	9.9(12.4)	C	79(46)	8.7(16.4)	B	81(69)	4.5(9.6)	B
	13⑥ シアニン ブルー チタン白		0	74	—	—	44	—	—	89	—	—
			1	42	2.4(8.5)	B	40	2.7(7.5)	A	40	4.7(11.6)	B
			2	29(10)	—	B	36(14)	—	B	36(34)	—	B
			3	14(12)	3.3(12.9)	B	9(8)	5.0(19.3)	B	26(26)	7.8(18.4)	B
緑色	濃色	14④ シアニン グリーン チタン白	0	73	—	—	63	—	—	86	—	—
			1	46	4.3(7.1)	C	73	0.9(3.2)	A	81	0.7(5.2)	A
			2	30(2)	—	C	81(41)	—	B	63(38)	—	B
			3	19(4)	8.0(8.5)	C	79(33)	5.9(11.0)	B	66(62)	2.3(4.5)	B
	14⑥ シアニン グリーン チタン白		0	78	—	—	55	—	—	91	—	—
			1	42	2.1(6.6)	B	52	1.3(4.3)	A	87	1.3(4.3)	A
			2	25(6)	—	B	46(18)	—	A	41(35)	—	B
			3	16(8)	3.0(9.3)	B	16(8)	2.0(11.4)	A	27(24)	5.0(11.1)	B
灰色	15	カーボン チタン白	0	76	—	—	67	—	—	91	—	—
			1	51	1.1(3.7)	A	59	0.8(1.1)	A	90	0.3(1.1)	A
			2	36(10)	—	A	43(15)	—	B	49(44)	—	B
			3	23(6)	2.3(7.2)	B	31(10)	2.9(10.2)	B	35(29)	3.8(8.3)	B
赤褐色	1④	アゾ系赤	0	67	—	—	シリコンアルキド					
			1	51	6.2(13.0)	B						
			2	33(26)	—	B						
			3	22(22)	9.0(12.1)	B						
MIO色	16	M I O	0	0	—	—	フェノール					
			1	0	8.6(7.2)	A						
			2	1(1)	—	A						
			3	1(1)	8.6(6.2)	A						

表-5 促進耐候性試験結果

(1)

色系統	試料名	使用顔料	ウェザー メーター 照射時間	長油性フタル酸			塩化ゴム			ポリウレタン		
				光 沢	色差(ΔE)	目視	光 沢	色差(ΔE)	目視	光 沢	色差(ΔE)	目視
赤	1 ①	アゾ系赤	0	64	—	—	82	—	—	78	—	—
			100	43	2.5	A	65	0.9	A	55	2.2	B
			300	36	3.5	B	45	5.1	B	57	4.0	B
			500	33	6.1	B	39	6.1	B	55	8.6	B
			1000	22	11.5	D	12	11.7	D	42	5.5	B
			1500	9	15.5	C	19	7.9	D	47	9.8	B
			2000	3	18.4	E	3	21.5	E	36	8.3	C
	2 ①	キナクリ ドン系赤	0	70	—	—	75	—	—			
			100	40	5.5	B	57	0.5	A			
			300	41	6.5	B	47	4.9	A			
			500	35	7.9	B	37	7.1	C			
			1000	24	12.6	C	18	16.3	D			
			1500	9	16.4	C	14	17.9	E			
			2000	2	19.6	E	12	22.8	E			
	3 ①	アゾ系赤 弁 柄	0	46	—	—	66	—	—			
			100	22	1.9	A	48	1.3	A			
			300	25	2.5	B	39	2.1	A			
			500	21	5.0	B	39	2.0	A			
			1000	12	10.9	D	20	7.9	D			
			1500	6	12.8	D	24	6.2	D			
			2000	4	13.8	E	8	14.5	E			
	4 ①	アゾ系赤 弁 柄	0	49	—	—	67	—	—	91	—	—
			100	29	1.1	A	50	1.3	A	73	0.4	A
			300	30	2.2	B	40	3.9	B	80	1.8	B
			500	26	4.2	B	28	5.3	B	62	5.2	C
			1000	10	8.6	D	13	8.8	D	19	11.7	C
			1500	10	9.7	D	20	6.8	D	25	12.2	C
			2000	7	9.2	E	14	10.9	C	25	11.8	C
	5 ①	アゾ系赤 弁 柄 酸化鉄黄 チタン白	0	62	—	—	68	—	—			
			100	40	1.5	A	54	0.8	A			
			300	34	2.3	B	40	4.0	A			
			500	31	3.6	B	41	3.6	B			
			1000	20	9.3	D	28	9.3	C			
			1500	15	11.7	D	30	5.6	C			
			2000	11	11.7	E	16	10.1	C			
	6 ①	アゾ系赤 弁 柄 アゾ系黄	0	56	—	—	64	—	—			
			100	31	0.9	A	47	0.2	A			
			300	32	1.6	A	44	1.4	A			
			500	28	4.3	B	40	3.1	B			
			1000	12	11.2	D	19	6.9	C			
			1500	9	13.2	E	19	8.0	C			
			2000	5	14.3	E	15	9.3	C			
淡色	1 ②	アゾ系赤 チタン白	0	56	—	—	67	—	—	87	—	—
			100	50	1.4	A	52	0.8	A	75	0.7	A
			300	49	3.8	B	37	2.9	B	79	3.2	A
			500	37	10.4	C	34	5.0	B	39	12.4	C
			1000	11	29.9	E	22	11.4	C	22	21.9	D
			1500	7	39.0	F	26	16.6	C	20	26.4	E
			2000	6	41.5	F	20	23.6	C	18	31.8	E
	2 ②	キナクリ ドン系赤 チタン白	0	70	—	—	71	—	—			
			100	48	0.6	A	55	1.7	A			
			300	45	2.3	A	42	2.9	B			
			500	38	4.1	A	35	3.4	B			
			1000	20	12.5	D	16	6.4	C			
			1500	10	20.5	E	22	7.7	C			
			2000	6	24.8	E	16	10.4	E			

(2)

色系統	試料名	使用顔料	ウェザーメーター照射時間	長油フタル酸			塩化ゴム			ポリウレタン		
				光沢	色差(ΔE)	目視	光沢	色差(ΔE)	目視	光沢	色差(ΔE)	目視
赤	③	アゾ系赤 弁柄 チタン白	0	50	—	—	71	—	—	—	—	—
			100	29	1.5	A	47	0.6	A	—	—	—
			300	31	3.3	B	36	3.2	A	—	—	—
			500	25	6.6	B	36	4.9	A	—	—	—
			1000	9	17.5	E	18	11.0	C	—	—	—
			1500	7	23.8	E	18	12.9	C	—	—	—
	4	アゾ系赤 弁柄 チタン白	0	53	—	—	67	—	—	93	—	—
			100	32	0.8	A	50	0.9	A	74	0.7	A
			300	37	2.0	A	46	2.0	A	73	1.3	A
			500	29	3.5	A	47	3.0	A	62	2.2	A
			1000	12	11.0	E	26	7.7	C	53	4.1	B
			1500	8	14.4	E	26	9.7	C	48	4.5	C
	5	アゾ系赤 弁柄 酸化鉄黄 チタン白	0	57	—	—	65	—	—	—	—	—
			100	40	0.8	A	47	0.9	A	—	—	—
			300	40	1.9	A	42	2.5	A	—	—	—
			500	34	3.9	A	36	4.1	B	—	—	—
			1000	20	9.8	E	18	8.8	C	—	—	—
			1500	18	15.9	E	26	10.7	C	—	—	—
色	6	アゾ系赤 弁柄 アゾ系黄 チタン白	0	47	—	—	—	—	—	—	—	—
			100	34	0.5	A	—	—	—	—	—	—
			300	37	1.1	A	—	—	—	—	—	—
			500	33	2.0	A	—	—	—	—	—	—
			1000	15	5.6	D	—	—	—	—	—	—
			1500	17	6.5	D	—	—	—	—	—	—
黄	7	モリブデ ートアレ ンジ	0	58	—	—	63	—	—	90	—	—
			100	33	1.5	A	53	0.4	A	72	4.0	B
			300	30	2.4	A	45	1.3	A	62	4.8	B
			500	29	3.9	A	45	1.9	A	65	6.9	B
			1000	22	6.5	B	34	4.9	B	53	6.4	B
			1500	19	7.8	C	31	6.9	B	44	8.4	B
色	8	アゾ系赤 アゾ系黄 チタン白	0	58	—	—	62	—	—	—	—	—
			100	33	1.8	A	52	2.4	A	—	—	—
			300	36	2.8	B	52	1.4	A	—	—	—
			500	31	5.1	B	46	1.6	A	—	—	—
			1000	10	15.9	E	28	4.6	B	—	—	—
			1500	8	19.1	E	19	7.7	B	—	—	—
黄	9	酸化鉄黄	0	62	—	—	64	—	—	90	—	—
			100	44	0.7	A	46	0.9	A	76	0.2	A
			300	40	1.1	A	41	0.8	A	71	0.6	A
			500	39	1.4	A	41	0.7	A	63	1.9	A
			1000	23	2.6	B	32	1.8	A	61	1.2	A
			1500	29	2.7	C	28	1.8	A	53	1.4	B
色	10	アゾ系黄	0	68	—	—	75	—	—	—	—	—
			100	39	1.0	A	62	0.0	A	—	—	—
			300	42	0.9	A	53	0.7	A	—	—	—
			500	39	0.8	A	43	1.2	A	—	—	—
			1000	26	4.7	B	36	2.0	A	—	—	—
			1500	15	4.9	C	21	3.0	B	—	—	—
色	11	黄鉛	0	67	—	—	65	—	—	—	—	—
			100	44	0.9	A	55	0.9	A	—	—	—
			300	39	1.3	A	60	1.3	A	—	—	—
			500	34	1.7	A	50	2.3	A	—	—	—
			1000	25	3.3	A	35	3.1	B	—	—	—
			1500	15	4.3	B	32	4.6	B	—	—	—

(3)

色系統	試料 名	使用顔料	ウェザー メーター 照射時間	長油フタル酸			塩化ゴム			ポリウレタン		
				光沢	色差(△E)	目視	光沢	色差(△E)	目視	光沢	色差(△E)	目視
黄色	炭色	9⑨ 酸化鉄黄 チタン白	0	68	—	—	66	—	—	90	—	—
			100	47	0.2	A	48	0.1	A	87	0.7	A
			300	39	0.6	A	43	0.7	A	71	0.9	A
			500	43	1.2	A	41	0.9	A	68	2.4	A
			1000	20	3.4	C	31	1.5	A	56	1.3	B
			1500	25	3.9	D	30	2.0	A	54	1.1	B
			2000	25	3.1	D	24	2.1	B	48	1.5	B
	淡色	11⑪ 黄鉛 チタン白	0	75	—	—	61	—	—			
			100	50	0.5	A	51	1.1	A			
			300	52	1.0	A	42	1.0	A			
			500	40	1.6	A	43	1.6	A			
			1000	18	4.1	C	28	1.7	B			
			1500	11	6.2	C	26	3.5	B			
			2000	9	6.1	D	28	4.2	B			
	濃色	12⑫ アゾ系黄 酸化鉄黄 チタン白	0	69	—	—	62	—	—			
			100	47	0.3	A	50	0.3	A			
			300	47	0.8	A	43	1.1	A			
			500	37	2.2	B	40	2.0	A			
			1000	20	6.7	D	25	4.5	B			
			1500	19	8.7	D	23	5.9	B			
青色	濃色	13⑬ シアニン ブルー チタン白	0	76	—	—	69	—	—	87	—	—
			100	55	0.9	A	56	2.5	A	72	1.4	A
			300	48	3.3	A	49	3.8	A	64	2.8	B
			500	46	3.9	A	53	5.3	A	65	2.4	B
			1000	33	7.4	B	34	10.8	B	57	5.9	C
			1500	27	7.8	C	36	13.7	B	54	6.8	C
			2000	24	11.3	D	18	17.1	B	40	9.1	C
	淡色	13⑬ シアニン ブルー チタン白	0	74	—	—	44	—	—	89	—	—
			100	52	1.6	A	30	0.6	A	30	1.3	A
			300	47	1.0	A	26	1.5	A	26	3.4	A
			500	39	2.4	B	28	1.7	A	28	4.0	A
			1000	16	13.3	E	18	5.5	A	18	7.6	B
			1500	10	16.6	E	26	8.4	A	43	9.9	C
			2000	12	18.4	E	25	9.7	C	46	11.8	C
	濃色	14⑭ シアニン グリーン チタン白	0	73	—	—	63	—	—	86	—	—
			100	41	1.2	B	51	1.0	A	70	1.0	A
			300	36	2.4	B	51	1.7	A	62	1.4	A
			500	32	2.5	B	43	2.6	A	58	4.3	A
			1000	25	4.2	C	33	4.2	A	46	4.0	A
			1500	15	4.1	C	24	5.7	A	47	4.5	B
緑色	濃色	14⑭ シアニン グリーン チタン白	2000	22	4.2	D	14	7.6	A	38	5.3	B
	淡色	14⑭ シアニン グリーン チタン白	0	78	—	—	55	—	—	91	—	—
			100	53	1.1	A	43	0.3	A	77	1.7	A
			300	57	1.5	A	38	1.0	A	64	2.0	A
			500	45	2.4	B	31	1.3	A	62	3.4	A
			1000	15	5.9	D	20	2.1	A	50	2.6	B
	濃色	15 カーボン チタン白	1500	14	7.1	E	22	2.3	A	47	2.8	C
			2000	12	6.4	E	22	3.1	A	42	3.2	C
	淡色	15 カーボン チタン白	0	76	—	—	67	—	—	91	—	—
			100	67	1.4	A	49	0.2	A	78	0.7	A
			300	53	0.6	A	41	0.3	A	70	0.7	A
			500	37	2.5	B	37	0.7	A	70	1.1	A
			1000	21	7.6	D	18	1.5	A	50	0.9	A
			1500	19	8.9	E	20	1.5	A	53	0.8	C
			2000	18	7.5	E	22	1.7	A	42	1.6	C

(4)

色系統	試料名	使用顔料	ウェザー メーター 照射時間	シリコンアルキド			色系統	試料名	使用顔料	ウェザー メーター 照射時間	フェノール		
				光沢	色差(△E)	目視					光沢	色差(△E)	目視
赤 色	濃 色	1④ アゾ系赤	0	67	—	—	MIO 色	16	MIO	0	0	—	—
			100	52	1.8	A				100	0	1.4	A
			300	44	3.0	B				300	5	2.8	A
			500	44	3.6	B				500	1	2.4	A
			1000	39	6.2	C				1000	0	7.5	A
			1500	32	6.1	C				1500	1	7.5	A
			2000	20	7.5	C				2000	1	6.7	A

表-6 大気暴露による色調変化

(1)			長油性フタル酸樹脂系				塩化ゴム系			
色系統	顔料配合比	展色剤名称 暴露期間(年)	0	1	3	5	0	1	3	5
赤色	濃色	アゾ系赤 100								
	淡色	アゾ系赤 30 白 70								
	濃色	キナクリドン系赤 100								
	淡色	キナクリドン系赤 30 白 70								
	濃色	アゾ系赤 70 柄 30								
	淡色	アゾ系赤 21 柄 9 白 70								
	濃色	アゾ系赤 50 柄 50								
	淡色	アゾ系赤 15 柄 15 白 70								
	濃色	アゾ系赤 35 柄 30 白 25 鉄黄 10								
	淡色	アゾ系赤 10.5 柄 9 鉄黄 7.5 白 73								
	濃色	アゾ系赤 25 柄 50 鉄黄 25								
橙黄色	濃色	モリブデートオレンジ 100								
	淡色	アゾ系赤 10 柄 80 白 10								
黄色	濃色	酸化鉄黄 100								
	淡色	酸化鉄黄 40 白 60			3-78					
	濃色	アゾ系黄 100								
	黄	鉛 100								

(2)

色系統		展色剤名称 経露期間(年)		長油性フタル酸樹脂系				塩化ゴム系			
		顔料配合比		0	1	3	5	0	1	3	5
黄色	淡色	黄 チ	鉛 白	50 50							
		ア 酸	ゾ 化 鉄	黄 白	20 20 60						
青色	濃色	シアニンブルー チ	白	70 30							
		シアニンブルー チ	白	5 95							
緑色	濃色	シアニングリーン チ	白	80 20							
		シアニングリーン チ	白	10 90							
灰色	濃色	カーボン チ	白	1 90							
		カーボン チ	白	1 90							

(3)

色系統		展色剤名称 暴露期間(年)		ポリウレタン樹脂系			
		顔料配合比		0	1	3	5
赤色	濃色	アゾ系赤 100					
	淡色	アゾ系赤白 30 70					
	濃色	アゾ系赤柄 50 50					
	淡色	アゾ系赤柄白 15 15 70					
緑色	濃色	モリブデートオレンジ 100					
黄色	濃色	酸化鉄黄 100					
	淡色	酸化鉄黄白 40 60					
青色	濃色	シアニンブルー 70 チタン白 30					
	淡色	シアニンブルー 5 チタン白 95					
緑色	濃色	シアニングリーン 80 チタン白 20					
	淡色	シアニングリーン 10 チタン白 90					
灰色	濃色	カーボン白 1 チタン白 90					

(4)

色系統		展色剤名称 暴露期間(年)		シリコンアルキド樹脂系			
		顔料配合比		0	1	3	5
赤色	濃色	アゾ系赤 100					

(5)

色系統		展色剤名称 暴露期間(年)		フェノール樹脂系			
		顔料配合比		0	1	2	3
MIO色		M I O 100 (マイカ状酸化鉄)					

表-7 促進耐候性試験による色調変化

色系統	長油性フタル酸樹脂系					
	濃色			淡色		
	顔料配合比	ウェザーメーター 照射前	ウェザーメーター 照射2000時間	顔料配合比	ウェザーメーター 照射前	ウェザーメーター 照射2000時間
赤色	アゾ系赤 100			アゾ系赤白 30 チタン白 70		
	キナクリドン系赤 100			キナクリドン系赤 30 チタン白 70		
	アゾ系赤柄 70 アゾ系白 30			アゾ系赤柄白 21 アゾ系白 79		
	アゾ系赤柄 50 アゾ系白 50			アゾ系赤柄白 15 アゾ系白 85		
	アゾ系赤柄黄白 35 アゾ系赤柄白 30 アゾ系黄白 25 アゾ系白 10			アゾ系赤柄黄白 10.5 アゾ系赤柄白 9 アゾ系黄白 7.5 アゾ系白 73		
	アゾ系赤柄 25 アゾ系黄 50 アゾ系白 25					
	モリブデート オレンジ 100					
橙色	アゾ系赤黄白 10 アゾ系黄白 80 アゾ系白 10					
黄色	酸化鉄黄 100			酸化鉄黄白 40 チタン白 60		
	アゾ系黄 100					
	黄鉛 100			黄鉛白 50 チタン白 50		
				アゾ系黄白 20 酸化鉄白 20 チタン白 60		
青色	シアニンブルー 70 チタン白 30			シアニンブルー 5 チタン白 95		
緑色	シアニングリーン 80 チタン白 20			シアニングリーン 10 チタン白 90		
灰色				カーボン白 1 チタン白 90		

(2)

色 系 統	塩化ゴム系					
	濃 色			淡 色		
	顔料配合比	ウェザーメーター 照 射 前	ウェザーメーター 照射 2000 時間	顔料配合比	ウェザーメーター 照 射 前	ウェザーメーター 照射 2000 時間
赤 色	アゾ系赤 100			アゾ系赤 30 チタン白 70		
	キナクリドン系赤 100			キナクリドン系赤 30 チタン白 70		
	アゾ系赤柄 70 弁 30			アゾ系赤柄 21 弁チタン白 9 70		
	アゾ系赤柄 50 弁 50			アゾ系赤柄 15 弁チタン白 15 70		
	アゾ系赤柄 35 酸化鉄黄 30 チタン白 25 10			アゾ系赤柄 10.5 酸化鉄黄 9 チタン白 7.5 73		
	アゾ系赤柄 25 弁アゾ系黄 50 25					
橙 色	モリブデート オレンジ 100					
	アゾ系赤 10 アゾ系黄 80 チタン白 10					
黄 色	酸化鉄黄 100			酸化鉄黄 40 チタン白 60		
	アゾ系黄 100					
	黄 鉛 100			黄 鉛 50 チタン白 50		
				アゾ系黄 20 酸化鉄黄 20 チタン白 60		
青 色	シアニンブルー 70 チタン白 30			シアニンブルー 5 チタン白 95		
緑 色	シアニングリーン 80 チタン白 20			シアニングリーン 10 チタン白 90		
灰 色				カーボン 1 チタン白 90		

(2)

色系統	ポリウレタン樹脂系					
	濃色			淡色		
	顔料配合比	ウェザーメーター 照射 前	ウェザーメーター 照射 2000時間	顔料配合比	ウェザーメーター 照射 前	ウェザーメーター 照射 2000時間
赤色	アゾ系赤 100			アゾ系赤 30 チタン白 70		
	アゾ系赤 50 弁 柄 50			アゾ系赤 15 弁 柄 15 チタン白 70		
橙黄色	モリブデート オレンジ 100					
黄色	酸化鉄黄 100			酸化鉄黄 40 チタン白 60		
青色	シアエンブルー 70 チタン白 30			シアエンブルー 5 チタン白 95		
緑色	シアエングリーン80 チタン白 20			シアエングリーン10 チタン白 90		
灰色				カーボン 1 チタン白 90		

色系統	シリコンアルキド樹脂系					
	濃色			淡色		
	顔料配合比	ウェザーメーター 照射 前	ウェザーメーター 照射 2000時間	顔料配合比	ウェザーメーター 照射 前	ウェザーメーター 照射 2000時間
赤色	アゾ系赤 100			アゾ系赤 30 チタン白 70		

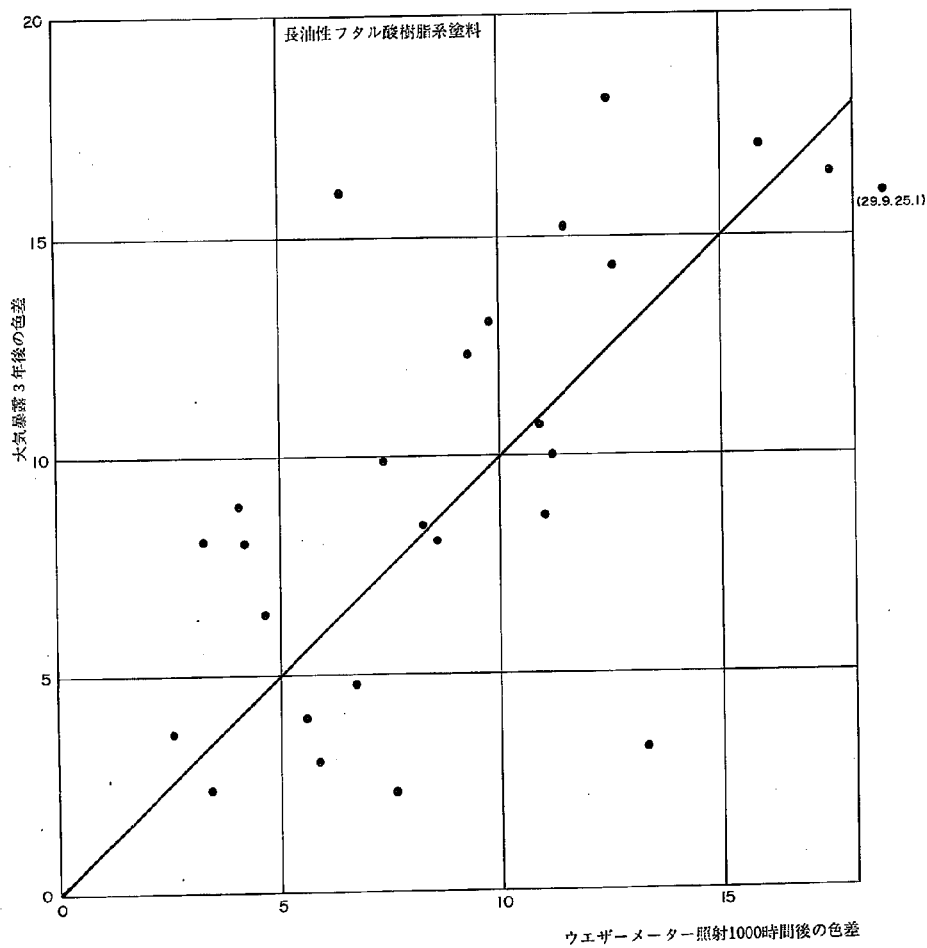


図-1 大気暴露とウェザーメーター照射の色差対比

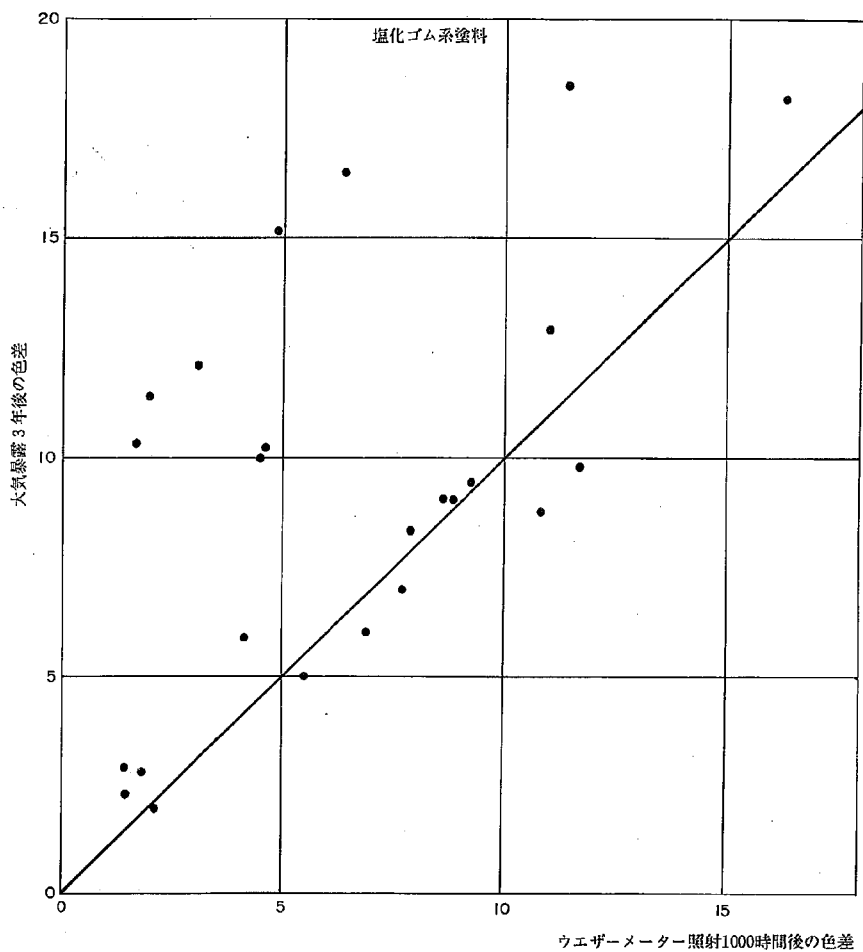


図-2 大気暴露とウェザーメーター照射の色差対比

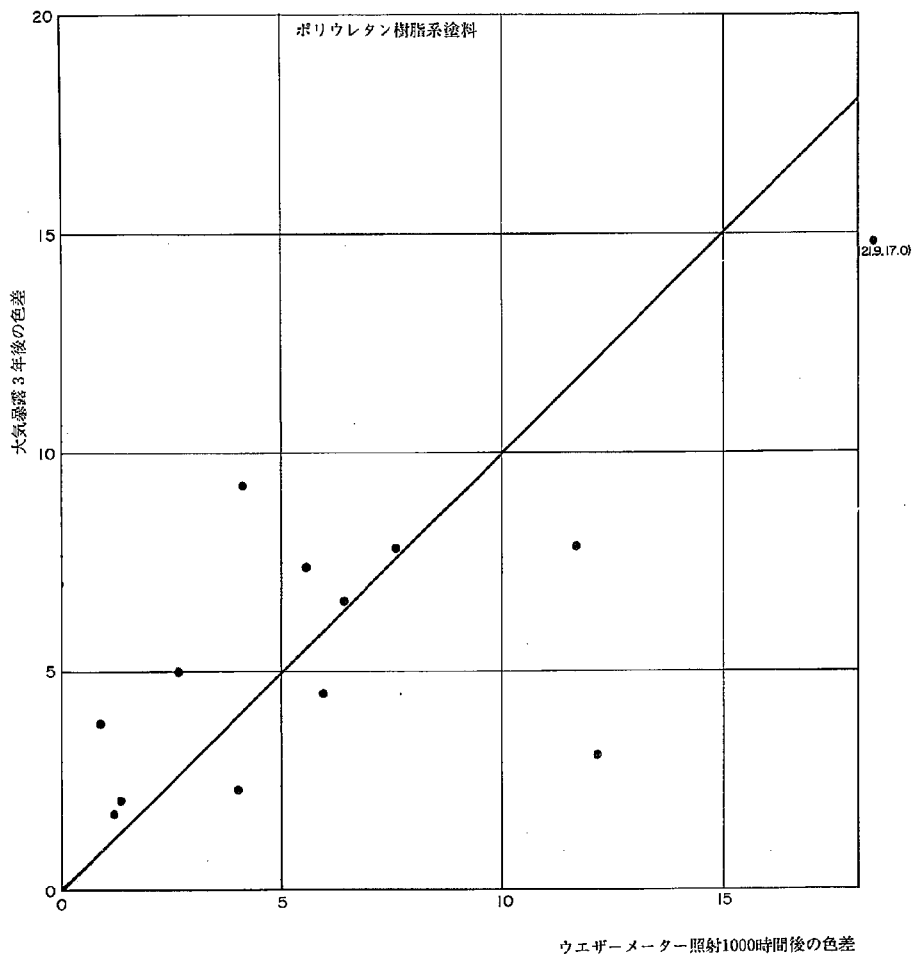
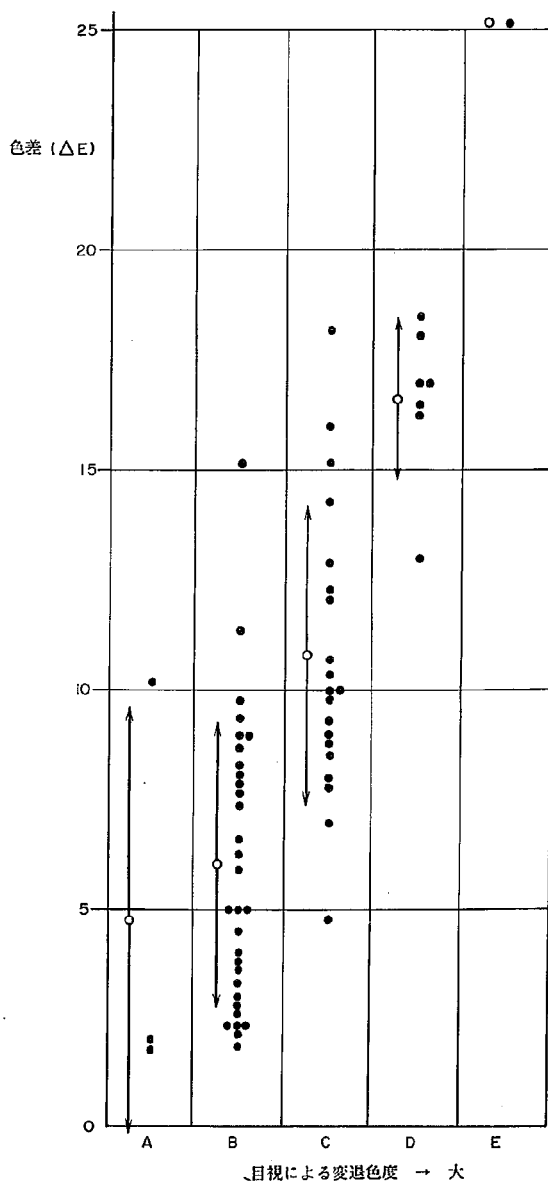


図-3 大気暴露とウェザーメーター照射の色差対比



図一4 目視による変退色度と色差の関係(大気暴露3年)

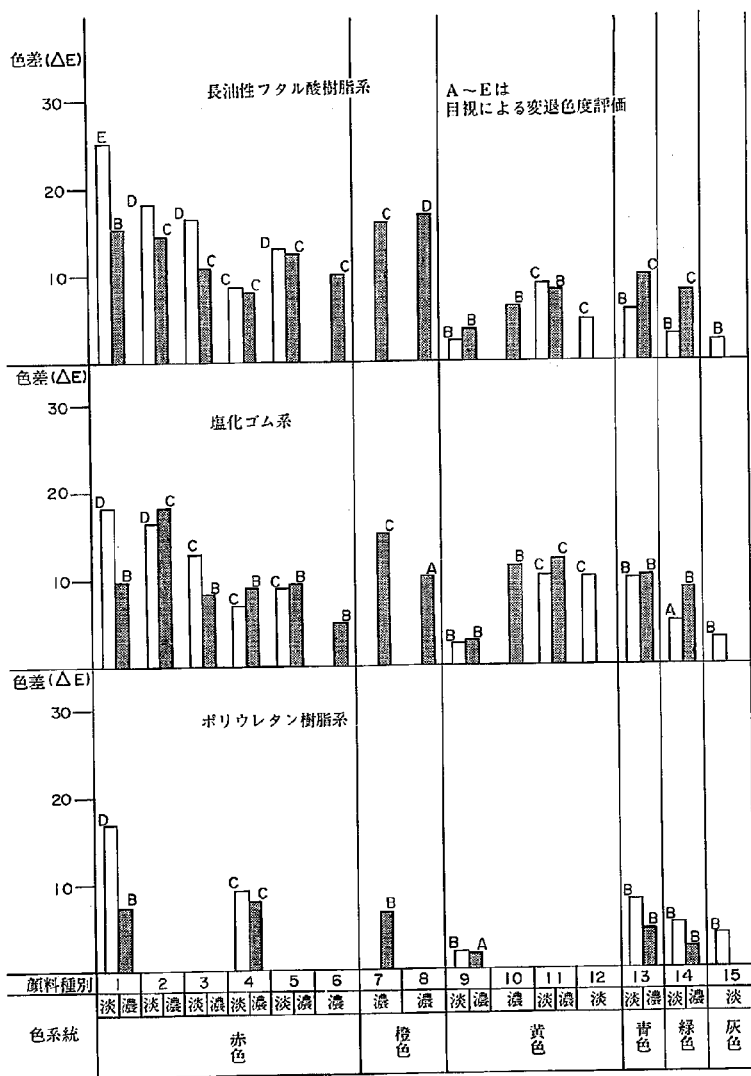


図-5 色調別、展色剤別の変退色度

8に示す。表からつぎのことがいえよう。

表-8 展色剤別の色差及び光沢の平均値
(大気暴露3年)

展色剤 項目	長油性 フタル酸	塩化ゴム	ポリウレタン
色差(ΔE)	8.79	7.43	6.28
光沢	12.4	43.3	56.6

- (1) 光沢保持性は、色調により多少異なるが、平均すればポリウレタン樹脂系>塩化ゴム系>長油性フタル酸樹脂系の順である。
- (2) 色差測定値は、色調により著しく異なるが、平均的にはポリウレタン樹脂系<塩化ゴム系<長油性フタル酸樹脂系の順で、ポリウレタン樹脂系塗料は最も色差の変化が小さい。
- (3) 目視による変退色度評価をA=0点、B=1点、C=2点、D=3点、E=4点、F=5点として減点し、減点の合計を求めて見ると、ポリウレタン樹脂系は15点(平均1.25点)、塩化ゴム系は15点(平均1.25点)、長油性フタル酸樹脂系は20点(平均1.67点)であり、(2)の場合と少し評価は異なるが、ポリウレタン樹脂系や塩化ゴム系が長油性フタル酸樹脂系より変退色しにくい点では色差値による比較と同様であった。
- (4) 展色剤にシリコンアルキド樹脂を用いた場合は、光沢保持性の点では長油性フタル酸樹脂より優れており、色差値では塩化ゴム系樹脂と同等、目視による観察では長油性フタル酸樹脂、塩化ゴム系樹脂、ポリウレタン樹脂と同等であった。
- (5) 展色剤にフェノール樹脂、顔料にMIO(マイカ状酸化鉄)を用いた場合は、大気暴露により表層の展色剤が消耗した後MIO特有のキラキラ輝くいわゆるスチールグレー色があらわれ、その後は、その状態を保持している。最初の色との差という意味での変退色は認められるが、変化した色調が本来の色調であるから、この場合は変退色がないと判定すべきであり、最も変退色しにくい色調及び顔料組成であるといえる。

3.4 色調と変退色度の関係について

表-4及び図-5よりつぎのことがいえよう。

- (1) 赤色系は、全般的に変退色度が大いだが、変退色の程度は顔料の種類及び配合比によって異なるほか、色の濃淡による差が大きく一般に淡色の方が変退色しやすい傾向がある。顔料の種類では、アゾ系赤の場合は淡色ではとりわけ変退色しやすい。アゾ系赤を用いた淡色の場合に弁柄または弁柄と酸化鉄黄の混合顔料を併用すると色はやや濁るが変退色しにくくなる。
- (2) 橙色系は、展色剤の種類により変退色傾向に差が認められるが、全体に色差値が大い。

ただし、目視による変退色度の評価と色差の相関性は明瞭でない。

- (3) 黄色系は、顔料の種類による差が大きい。酸化鉄黄を配合した場合の変色度は、色差、目視ともに小さく、展色剤の種類による差異も認められない。黄鉛やアゾ系黄は、濃色の場合の色差が酸化鉄黄よりかなり大きいので、チタン白でうすめて使用する時には注意を要する。
- (4) 青色系は、展色剤の種類により多少異なるが、濃色、淡色ともに目視による変色はそれ程目立ない。
- (5) 緑色系は、青色系とほぼ同様であるが、展色剤が長油性フタル酸樹脂系及び塩化ゴム系の場合は、濃色より淡色の方が色の変化が少ない。
- (6) 灰色系は、色の変化が少ない。
- (7) 以上の結果から、変退色しにくい顔料として、併用する場合は弁柄及び酸化鉄黄（以上赤色系）、単独使用の場合は酸化鉄黄（黄色系）、シアニンプルー（青色系）、シアニンプルー（青色系）、シアニングリーン（緑色系）、カーボン（灰色系）をあげることができる。

4. ま と め

本試験の結論は今後の調査結果をまたねばならないが、現在までの調査結果を概括すればつぎのようである。

- (1) 大気暴露試験結果と促進耐候性試験結果の間には、総体的には相関性が認められる。しかし、大気暴露試験結果と同等の変退色をさせるのに必要な促進耐候性試験の時間は、展色剤の種類や顔料の種類等によって大きく異なり、ポリウレタン樹脂系の場合に大気暴露1年に相当する促進耐候性試験の時間は、長油性フタル酸樹脂系や塩化ゴム系の2～3倍も必要である。これらのことから、促進耐候性試験により変退色性を評価するには、種々の角度からさらに検討を加える必要があると思われる。
- (2) 目視による変退色度と色差計で測定した色差の間には、全体としてよい相関性が認められるが、色調によっては色差だけで変退色の程度を表示できない場合がある。
- (3) 色の耐久性は展色剤の種類によって異なり、ポリウレタン樹脂系、塩化ゴム系、長油性フタル酸樹脂系の順に変退色の傾向が大きい。
- (4) 色の耐久性は、色調及び色の濃淡により異なる。

赤色系は一般に変退色しやすいが、濃色よりも淡色の方が変退色しやすい傾向がある。アゾ系顔料を用いた場合はとりわけその傾向が著しい。変退色しやすいアゾ系顔料を用いた淡色の場合でも、弁柄または弁柄と酸化鉄黄を併用すると変退色の程度は小さくなる。黄色系の場合には、酸化鉄黄を配合すると、赤色系における弁柄や酸化鉄黄配合の場合と同様に、色調はにじめるが変退色の程度は小さくなる。しかし、黄鉛とアゾ系黄は濃色でも変退色しやすいので、うすめて使用するときは注意を要する。青色系は色の変化が目立たず、緑色系にも同様の傾向がある。緑色系の場合は、濃色より淡色の方が色の変化が少ない。灰色系、MIO系はともに色の変化が少ない。

あ　と　が　き

本報告は中間報告であり、最終報告は試験期間の満了をまって改めておこなう予定である。着色塗料における色調選定の重要性にかんがみ、本報告が有効に活用されることを期待したい。

— 謝 辞 —

本試験は、日本ペイント株式会社（福島 稔氏）、関西ペイント株式会社（関野修弘氏）、大日本塗料株式会社（高瀬勝次氏）、石川島播磨重工業株式会社（土田豊二氏、高垣 孟氏）の御協力を得て実施したものである。末筆ながら、上記各社ならびに担当技術者諸氏に深甚なる謝意を表する。