

土木研究所資料

海上長大橋用着色塗料の色調選定試験(第2報)

昭和54年3月

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の選定ならびに、試験の成果を着色塗料に関する品質規格に反映させる目的で、着色顔料の種類及び配合比等品質の明らかな各種色調の代表的な着色塗料について、促進耐候性試験及び大気暴露試験を行い、その保色性を調査した。

促進耐候性試験の結果及び3年間の大気暴露試験結果は、昭和52年3月に土木研究所資料第1236号で報告したとおりであるが、大気暴露試験については、その後も試験を継続し、計画どおり5年間にわたる試験を終了したので、結果をとりまとめて報告する。

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	1
1.2 展 色 剤	1
1.3 試験の経過	1
1.4 試験方法	4
2. 試験結果及び考察	5
2.1 目視による変退色度と色差との相関性について	5
2.2 展色剤の種類が光沢及び色差に及ぼす影響について	5
2.3 展色剤の種類及び色調と変退色度の関係	19
3. ま と め	22
あ と が き	23

1. 試験概要

本試験は、海上長大橋の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塗料、塩化ゴム系塗料、ポリウレタン樹脂系塗料などの着色料について、着色顔料の種類及び配合比の明らかな各種の色調の塗料を試作して、顔料の種類及び配合比と塗膜の保色性との関係ならびに展色剤の種類別の保色性を調査する目的で実施したもので、その概要は、つぎのとおりである。

なお、試験の内容及び試験の方法等の詳細については、土研資料第1236号を参照して頂きたい。

1.1 色調及び顔料

表-1に示した顔料を用い、表-2の配合で63種類の塗料を試作して試験に供した。各色とも、原則として濃色と淡色で試験した。顔料選択の詳細は省略する。

1.2 展色剤

塗膜の保色性は、顔料の種類及び配合のほかに展色剤の種類によっても大きく異なるので、現在、わが国において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。使用した展色剤の組成は省略する。

1.3 試験の経過

昭和48年に試験を開始してから、現在までの試験経過はつぎのとおりである。

- (1) 昭和48年6月に試験を開始した。
- (2) 昭和49年度から本四公団の研究委託を受けた。
- (3) 昭和50年度で本四公団の委託研究を終了した。
- (4) 昭和51年度から道路事業調査費により試験を継続実施した。
- (5) 昭和52年3月に促進耐候性試験と大気暴露試験3年後までの試験結果を土木研究所資料第1236号にとりまとめて報告した。
- (6) 昭和52年6月に大気暴露4年後の試験を実施した。
- (7) 昭和53年6月に大気暴露5年後の試験を終了した。
- (8) 昭和54年3月に5年間にわたる試験結果をとりまとめて報告する。(本報告書)

表-1 使用した顔料及び組成

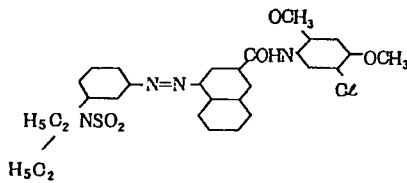
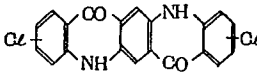
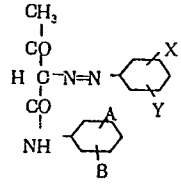
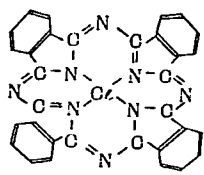
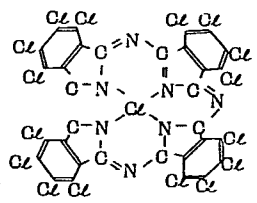
顔 料 名	組 成
アゾ系赤	
シンカシヤ赤 (キナクリドン系)	
チタン白	TiO ₂ (ルチル型)
弁 珪	Fe ₂ O ₃
酸化鉄黄	FeO(OH) nH ₂ O
アゾ系黄	 X, Y, A, B Cl, OCH₃, NO₂ etc.
モリブデートオレンジ	PbCrO ₄ ・PbMoO ₄ ・PbSO ₄ +コーティング
黄 鉛	PbCrO ₄ +コーティング
シアニンプール	
シアニングリーン	
カーボン	C
M I O	Fe ₂ O ₃

表-2 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	塩化ゴム	ポリウレタン
	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 併 柄 30	3-②	3 - ① 30 チタン白 70	"	"	ポリウレタン
	4-①	アゾ系赤 50 併 柄 50	4-②	4 - ① 30 チタン白 70	"	"	—
	5-①	アゾ系赤 35 併 柄 30 酸化鉄黄 25 チタン白 10	5-②	アゾ系赤 10.5 併 柄 9.0 酸化鉄黄 7.5 チタン白 73.0	"	"	—
	6-①	アゾ系赤 25 併 柄 50 アゾ系黄 25	17	酸化鉄黄 25 併 柄 5 チタン白 70	"	—	—
橙 色	7-①	モリブデートオレンジ 100			"	"	ポリウレタン
	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	"	"	ポリウレタン
	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	シアニンプルー 70 チタン白 30	13-②	シアニンプルー 5 チタン白 95	"	"	ポリウレタン
緑 色	14-①	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			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		

1.4 試験方法

本州四国連絡橋公団の気象観測塔（神戸市垂水区）の暴露架台に塗装試験片を取付けて大気暴露し、塗膜の色調の経年変化をつぎの方法で調べた。

(1) 塗膜の保色性評価方法

塗膜の保色性は、目視による観察、及び色差計による色差の測定を行い、変退色度と色差値を求める方法により評価した。

i) 変退色度の目視判定

7～8人の判定員が、目視により種々の角度から同時に試験片塗膜を観察し、変退色の程度を標準塗り板（変色しないよう保存しておいた塗装試験片）と比較する方法で、つぎの判定基準により判定した。

目視による観察は、塗膜を水洗する前と後に行った。

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 | 変退色著しい |
| F | 原色をとどめず |

ii) 色差の測定

色差は、色差計を用いて、標準塗り板及び所定年数大気暴露した塗装試験片の塗膜の L （明度）、 a 、 b （色相）値をそれぞれ測定し、その差 ΔL 、 Δa 、 Δb を求め、次式により算出した。

$$\Delta E（\text{色差}） = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

なお、測定は、塗膜を水洗する前と後に行い、それぞれ色差を求めた。

(2) 光沢の測定方法

光沢計を用いて60度鏡面反射率を測定した。

なお、変退色度の目視判定、色差の測定、光沢の測定は、暴露を終えた塗装試験片の塗膜を水洗する前と後にそれぞれ行った。

2. 試験結果及び考察

大気暴露4年後及び5年後の試験結果を、大気暴露前及び大気暴露3年後の試験結果と共に一覧表として表-3に、大気暴露による塗膜の変退色を、調色した塗料を用いて再現したものを表-4に示す。また、大気暴露5年後における水洗前及び水洗後の色差値と変退色度の関係を図-1、図-2に、色調別、展色剤別の変退色度と色差を図-3、図-4に示す。図及び表から次のことが考察される。

2.1 目視による変退色度と色差との相関性について

図-1及び図-2から、目視による変退色度判定結果と色差値の間には、水洗の有無と関係なく、全体としてよい相関性が認められる。しかし、図-3、図-4から明らかなように変退色度が同程度と判定された色調でも、色差値が大きく異なる場合が多いことは、前報告書でも指摘した如く、人間の眼と色差計との色の変化に対する感じ方の違いによると考えられる。

2.2 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年及び5年後における、長油性フタル酸樹脂系、塩化ゴム系及びポリウレタン樹脂系の光沢と色差を比較するため、共通の着色顔料組成を有する12色の各平均値を求めたものを表-5に、長油性フタル酸樹脂系と塩化ゴム系について、共通の24色について求めた各平均値を表-6に示す。また、上記の3種類の展色剤とシリコンアルキド樹脂系の光沢及び色差を比較するため、アゾ系赤を使用した場合の光沢及び色差を表-7に示す。各表から、つぎのことがいえよう。

(1) 長油性フタル酸樹脂系、塩化ゴム系、ポリウレタン樹脂系の比較

i) 塗膜を水洗した場合

前回の報告書(土研資料第1236号)では、塗膜を水洗した場合の測定値を比較したので、同様に、水洗後に測定した色差及び光沢の平均値を比較すると、色差、光沢ともに、暴露5年後も暴露3年後と同様に、ポリウレタン樹脂系が最も良く、次いで塩化ゴム系であり、長油性フタル酸樹脂系は最も劣っている。

ii) 塗膜を水洗しない場合

塗膜面を水洗すると、水洗により付着している塵埃等の汚れが洗い落とされるほか、粉化物も相当程度除去され、塗膜の表面状態に変化を与えることになる。我々が、実際に塗膜の色調を眺めるのは、表面の汚れや白亜化を含む状態においてであり、水洗しない状態で評価の方がより実際的であるかも知れない。

そのような考えで、水洗しない場合の展色剤別の色差を比較して見ると、暴露3年後、5年後

表-3 試験結果

(1)

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(ΔE)		目視		光沢		色差(ΔE)		目視		光沢		色差(ΔE)		目視	
				水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後
赤色	1④	アゾ系赤	0																		
			3	5	64	10	166	152	—	31	38	92	9.8	—	—	44	52	114	7.4	—	—
			4	2	3	—	—	—	D	20	34	—	—	C	B	46	49	—	—	C	B
	2④	キナクリドン系赤	0		70	—	—	—	—	7	13	193	182	—	—						
			3	3	5	155	143	—	C	4	7	—	—	D	C						
			4	2	3	—	—	C	C	4	11	208	150	D	C						
	3④	アゾ系赤	0		46	—	—	—	—	26	56	90	8.3	—	—						
			3	1	2	130	107	—	C	12	35	—	—	D	B						
			4	1	1	124	110	D	D	4	35	156	80	D	B						
	4④	アゾ系赤	0		49	—	—	—	—	27	43	121	90	—	—	46	66	118	7.9	—	—
			3	2	4	98	80	—	C	19	42	—	—	D	B	26	55	—	—	D	C
			4	1	1	94	8.7	D	D	4	27	139	95	D	B	12	40	13.7	8.8	D	C
	5④	アゾ系赤	0		62	—	—	—	—	15	50	104	9.4	—	—						
			3	3	7	150	123	—	C	15	52	—	—	D	C						
			4	2	5	148	133	D	D	6	32	156	9.9	D	C						
	6④	アゾ系赤	0		56	—	—	—	—	29	53	8.6	5.0	—	—						
			3	1	3	121	100	—	C	16	43	—	—	D	B						
			4	1	2	—	—	D	D	4	35	129	8.0	D	C						
赤色	1④	アゾ系赤	0		56	—	—	—	—	15	44	29.1	18.5	—	—	27	40	30.7	170	—	—
			3	2	4	373	25.1	—	E	11	36	—	—	D	D	19	36	—	—	E	D
			4	3	4	—	F	F	E	4	23	38.4	20.7	D	D	9	22	30.2	180	E	D
	2④	キナクリドン系赤	0		70	—	—	—	—	26	55	288	165	—	—						
			3	3	4	31.6	18.1	—	D	7	28	—	—	E	C						
			4	2	3	—	F	F	D	3	20	328	146	F	C						
	3④	アゾ系赤	0		50	—	—	—	—	16	42	180	129	—	—						
			3	1	2	224	164	—	D	16	41	—	—	E	C						
			4	2	2	—	E	E	D	5	27	258	139	F	C						
	4④	アゾ系赤	0		53	—	—	—	—	20	40	164	7.0	—	—	36	39	125	9.3	—	—
			3	1	2	124	8.6	—	C	16	39	—	—	D	C	21	32	—	—	D	C
			4	1	1	114	8.1	D	D	4	24	213	118	E	C	7	16	133	8.7	D	C
	5④	アゾ系赤	0		57	—	—	—	—	24	44	159	9.0	—	—						
			3	3	5	182	130	—	D	21	39	—	—	E	C						
			4	3	3	—	E	E	D	4	21	235	139	E	C						
赤色	7④	モリブデート・オレンジ	0		58	—	—	—	—	27	43	252	152	—	—	66	79	110	6.6	—	—
			3	5	3	223	160	—	C	23	36	—	—	C	C	58	69	—	—	C	B
			4	1	2	26.1	19.8	D	C	4	8	266	20.6	C	C	25	51	13.7	9.6	C	B
	8④	アゾ系赤	0		58	—	—	—	—	48	78	103	5.9	—	—						
			3	2	2	209	170	—	D	44	75	—	—	C	B						
			4	1	1	21.2	18.1	F	D	35	83	10.7	3.4	C	B						

(2)

色系統	試料 名	使用顔料	暴露 年数	長油性ワタル顔料系						塩化ゴム系						ポリウレタン樹脂系					
				光沢		色差(△E)		白濁		光沢		色差(△E)		白濁		光沢		色差(△E)		白濁	
				水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後	水洗前	水洗後
黄 色	9④	酸化鉄黄	0		62	—	—	—	—		64	—	—	—	—		90	—	—	—	—
			3	11	19	46	3.7	—	B	22	58	50	28	—	B	68	90	36	1.8	—	A
			4	4	15	—	—	C	C	38	68	—	—	C	B	46	86	—	—	C	B
	10⑤	アゾ系黄	0		68	—	—	—	—		75	—	—	—	—						
			3	4	7	10.1	6.3	—	B	66	73	5.2	2.7	—	B						
			4	2	3	—	—	C	C	70	80	—	—	B	B						
	11⑥	黄鉛	0		67	—	—	—	—		65	—	—	—	—						
			3	2	7	14.4	8.1	—	B	12	22	17.3	12.1	—	C						
			4	2	6	—	—	D	D	9	12	—	—	D	C						
黄 色	9④	酸化鉄黄白	0		68	—	—	—	—		66	—	—	—	—		90	—	—	—	—
			3	10	16	4.7	2.4	—	B	20	39	5.3	2.3	—	B	59	66	3.8	2.0	—	B
			4	5	12	—	—	C	B	30	43	—	—	C	B	28	53	—	—	C	B
	11⑥	黄チタン白	0		75	—	—	—	—		61	—	—	—	—						
			3	5	14	15.6	8.9	—	C	12	39	16.9	10.3	—	C						
			4	5	11	—	—	D	C	8	30	—	—	D	C						
	12⑦	アゾ系黄 酸化鉄黄白	0		69	—	—	—	—		62	—	—	—	—						
			3	6	9	9.4	4.8	—	C	16	43	11.7	4.7	—	C						
			4	4	6	—	—	D	C	14	43	—	—	D	C						
黄 色	13⑧	シアニブルー チタン白	0		76	—	—	—	—		69	—	—	—	—		87	—	—	—	—
			3	14	17	12.4	9.9	—	C	46	79	16.4	8.7	—	B	69	81	9.6	4.5	—	B
			4	5	8	—	—	C	C	38	63	—	—	C	B	61	78	—	—	C	B
	13⑧	シアニブルー チタン白	0		74	—	—	—	—		44	—	—	—	—		89	—	—	—	—
			3	12	14	12.9	3.3	—	B	8	9	19.3	5.0	—	B	26	26	12.4	7.8	—	B
			4	6	11	—	—	D	B	5	16	—	—	F	B	8	17	—	—	D	B
黄 色	14⑨	シアニブルー チタン白	0		73	—	—	—	—		63	—	—	—	—		86	—	—	—	—
			3	4	19	8.5	8.0	—	C	33	79	5.9	3.2	—	B	62	66	4.5	2.3	—	B
			4	2	10	—	—	C	C	22	91	—	—	C	B	31	75	—	—	C	B
	14⑨	シアニブルー チタン白	0		78	—	—	—	—		55	—	—	—	—		91	—	—	—	—
			3	8	16	9.3	3.0	—	B	8	16	11.4	2.0	—	A	24	27	11.1	5.0	—	B
			4	4	9	—	—	D	B	6	27	—	—	D	B	12	17	—	—	D	B
黄 色	15	カーボン チタン白	0		76	—	—	—	—		67	—	—	—	—		91	—	—	—	—
			3	6	23	7.2	2.3	—	B	10	31	10.2	2.9	—	B	29	35	8.3	3.8	—	B
			4	7	18	—	—	D	B	6	24	—	—	D	B	16	29	—	—	D	B
	1⑩	アゾ系赤	0		67	—	—	—	—			—	—	—	—						
			3	22	22	12.1	9.0	—	B	シリコンアルキド											
			4	10	10	—	—	C	C												
黄 色	MIO	M I O	0		0	—	—	—	—			—	—	—	—						
			3	1	1	6.2	8.6	—	A	フェノール											
			4	—	—	—	—	A	A												
	16	M I O	0		0	—	—	—	—			—	—	—	—						
			3	1	1	6.2	8.6	—	A	フェノール											
			4	—	—	—	—	A	A												
	16	M I O	0		0	—	—	—	—			—	—	—	—						
			3	1	1	6.2	8.6	—	A	フェノール											
			4	—	—	—	—	A	A												
	16	M I O	0		0	—	—	—	—			—	—	—	—						
			3	1	1	6.2	8.6	—	A	フェノール											
			4	—	—	—	—	A	A												

表-4 大気暴露による色調変化

(1)

色系統		展色剤名称	長油性フタル酸樹脂系			
		暴露年数	0	3	5	5 (水洗前)
赤色	濃色	アゾ系赤 100				
	淡色	アゾ系赤 30 チタン白 70				
	濃色	キナクリドン系赤 100				
	淡色	キナクリドン系赤 30 チタン白 70				
	濃色	アゾ系赤 70 弁柄 30				
	淡色	アゾ系赤 21 弁柄 9 チタン白 70				
	濃色	アゾ系赤 50 弁柄 50				
	淡色	アゾ系赤 15 弁柄 15 チタン白 70				
	濃色	アゾ系赤 35 弁柄 30 酸化鉄黄 25 チタン白 10				
	淡色	アゾ系赤 10.5 弁柄 9 酸化鉄黄 7.5 チタン白 73				
	濃色	アゾ系赤 25 弁柄 50 アゾ系黄 25				
	淡色	酸化鉄黄 25 弁柄 5 チタン白 70				

(2)

色系統		顔料配合比	展色剤名称 暴露年数	長寿命性フタル酸樹脂系			
				0	3	5	5 (水洗前)
橙 色	濃色	モリブデートオレンジ 100					
	濃色	アゾ系赤 10 アゾ系黄 80 チタン白 10					
黄 色	濃色	酸化鉄黄 100					
	淡色	酸化鉄黄 40 チタン白 60					
	濃色	アゾ系黄 100					
	濃色	黄 鉛 100					
	淡色	黄 鉛 50 チタン白 50					
	淡色	アゾ系黄 20 酸化鉄黄 20 チタン白 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		カーボン 1 チタン白 90					

(3)

色系統		顔料配合比	展色剤名称 暴露年数	塩 化 ゴ ム 系			
				0	3	5	5 (水洗前)
赤 色	濃色	アゾ系赤 100					
	淡色	アゾ系赤 30 チタン白 70					
	濃色	キナクリドン系赤 100					
	淡色	キナクリドン系赤 30 チタン白 70					
	濃色	アゾ系赤 70 弁柄 30					
	淡色	アゾ系赤 21 弁柄 9 チタン白 70					
	濃色	アゾ系赤 50 弁柄 50					
	淡色	アゾ系赤 15 弁柄 15 チタン白 70					
	濃色	アゾ系赤 35 弁柄 30 酸化鉄 25 チタン白 10					
	淡色	アゾ系赤 10.5 弁柄 9 酸化鉄 7.5 チタン白 73					
	濃色	アゾ系赤 25 弁柄 50 アゾ系黄 25					
	淡色	酸化鉄 25 弁柄 5 チタン白 70		12	12	12	12

(4)

色系統		展色剤名称		塩 化 ゴ ム 系			
		顔料配合比	暴露年数	0	3	5	5 (水洗前)
橙 色	濃色	モリブデートオレンジ 100					
	濃色	アゾ系赤 10 アゾ系黄 80 チタン白 10					
黄 色	濃色	酸化鉄黄 100					
	淡色	酸化鉄黄 40 チタン白 60					
	濃色	アゾ系黄 100					
	濃色	黄 鉛 100					
	淡色	黄 鉛 50 チタン白 50					
	淡色	アゾ系黄 20 酸化鉄黄 20 チタン白 60					
青 色	濃色	シアニンプールー 70 チタン白 30					
	淡色	シアニンプールー 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		カーボン 1 チタン白 90					

(5)

展色剤名称 暴露年数			ポリウレタン樹脂系			
色系	顔料配合比		0	3	5	5 (水洗前)
赤色	濃色	アゾ系赤 100				
	淡色	アゾ系赤 30 チタン白 70				
	濃色	アゾ系赤 50 并 柄 50				
	淡色	アゾ系赤 15 并 柄 15 チタン白 70				
橙色	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 40 チタン白 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		カーボン 1 チタン白 90				

(6)

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

(7)

色系統		顔料配合比	展色剤名称 暴露年数	フェノール樹脂系			
				0	3	5	5 (水洗前)
MIO色		M I O 100					

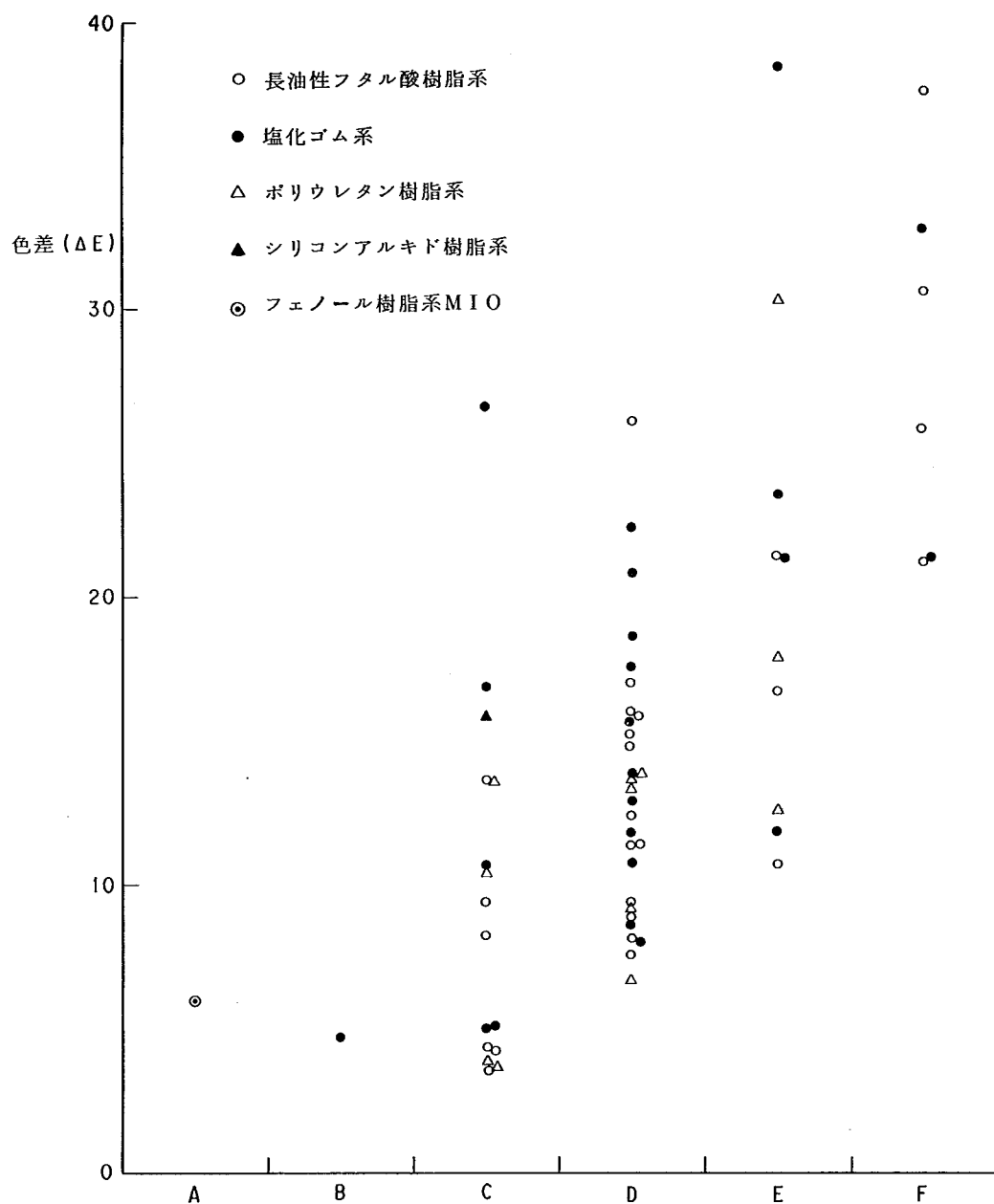


図-1 目視による変退色度と色差値の関係(水洗前)

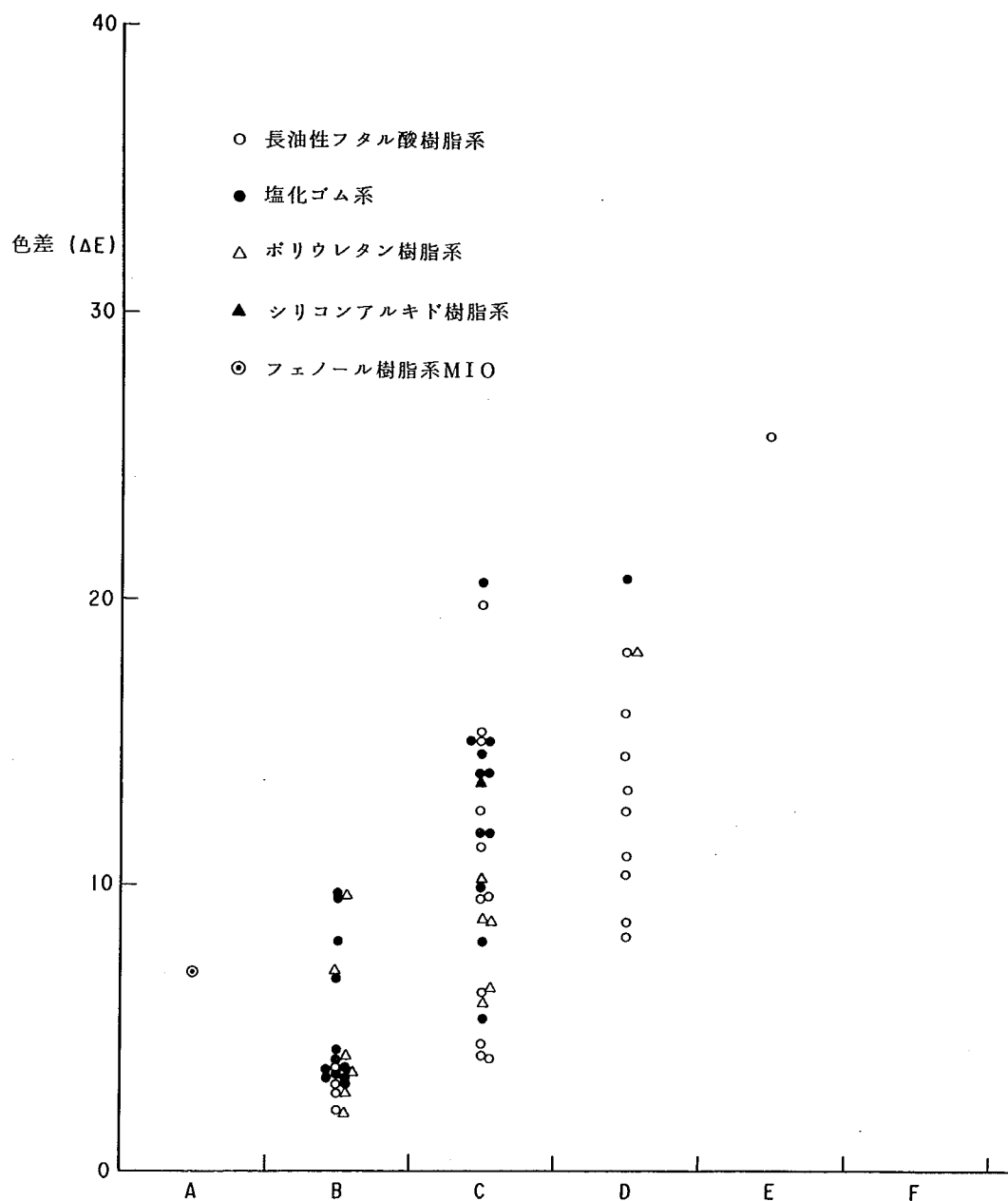


図-2 目視による変退色度と色差値の関係 (水洗後)

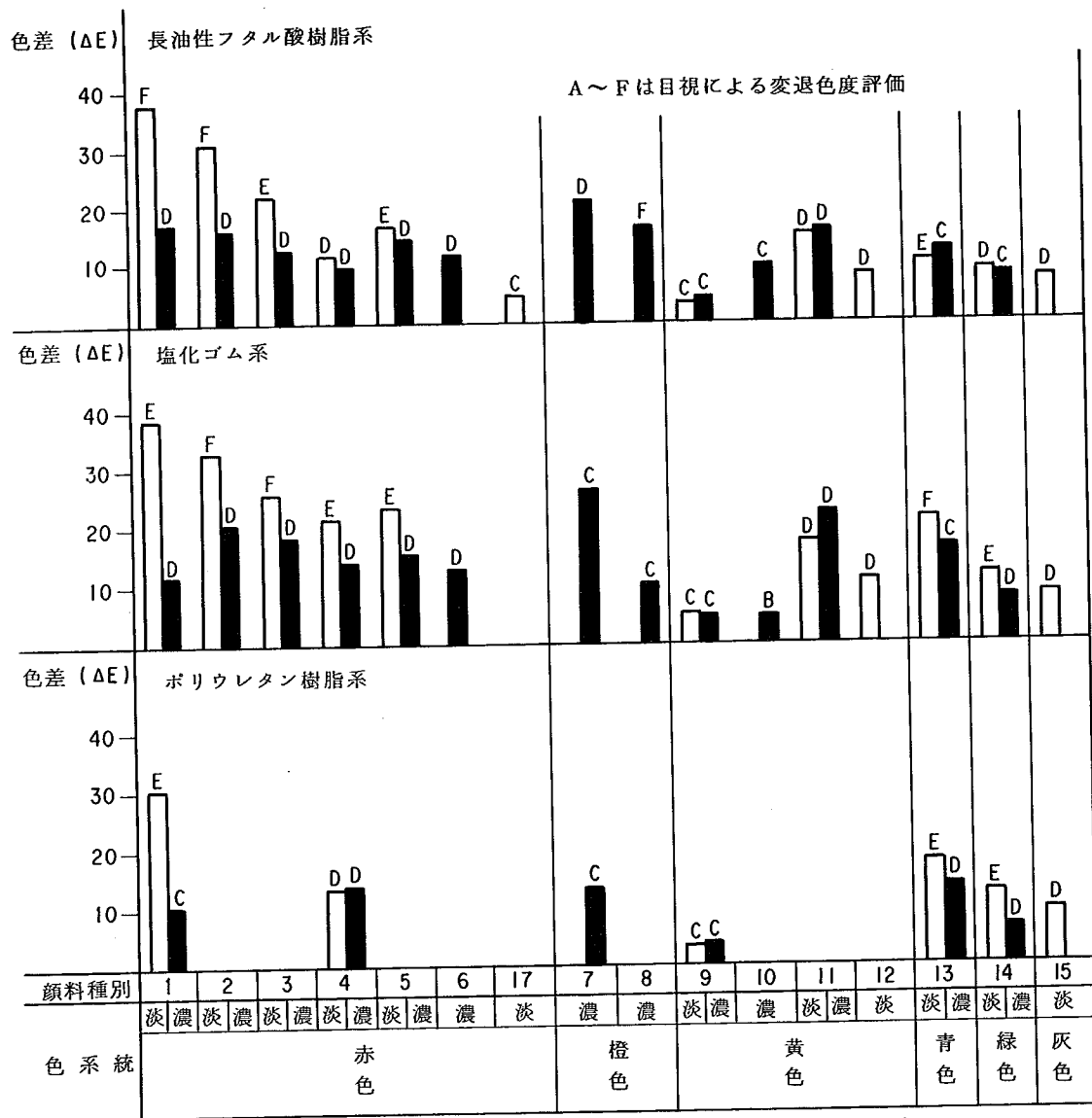


図-3 色調別、展色剤別の変退色度（大気暴露5年…水洗前）

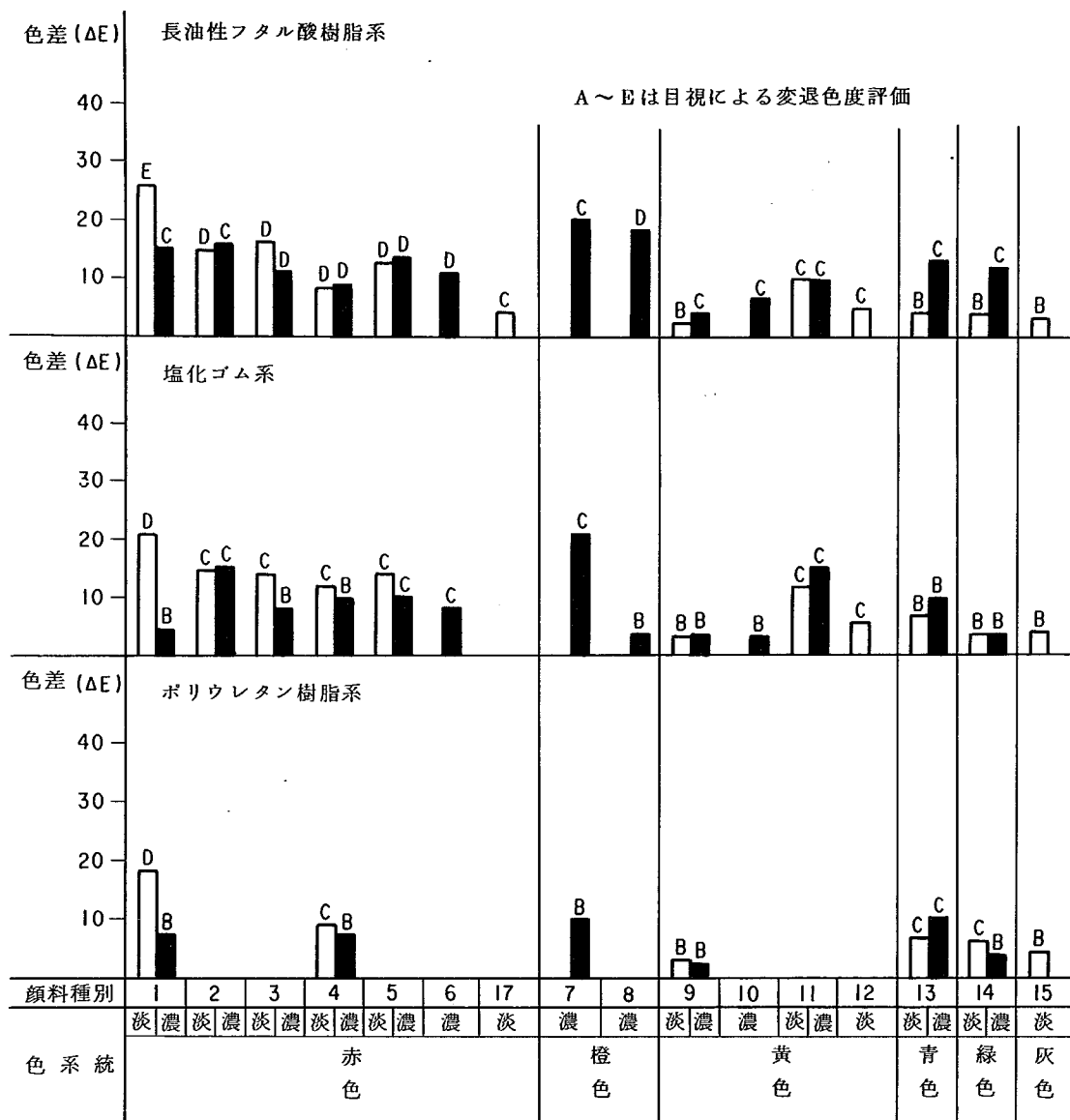


図 - 4 色調別，展色剤別の変退色度（大気暴露 5 年…水洗後）

表-5 展色剤の種類別の光沢及び色差(12色の平均)

項 目	水 洗	暴 露 年 数	長油性フタル 酸 樹 脂 系	塩化ゴム系	ポリウレタン 樹 脂 系
光 沢	水 洗 前	3	6.7	22.3	46.3
		5	2.4	8.2	17.0
	水 洗 後	3	12.4	43.3	56.6
		5	4.8	30.0	36.8
色差(ΔE)	水 洗 前	3	13.17	13.19	11.39
		5	13.19	15.73	12.13
	水 洗 後	3	8.79	7.20	6.28
		5	9.75	8.38	7.23

表-6 暴露5年後における長油性フタル酸樹脂系と塩化ゴム系の光沢及び色差(24色の平均)

項 目	水 洗	長油性フタル酸樹脂系	塩 化 ゴ ム 系
光 沢	水 洗 前	2.0	9.1
	水 洗 後	3.8	31.3
色差(ΔE)	水 洗 前	14.64	16.86
	水 洗 後	10.33	9.27

表-7 展色剤の種類別の光沢及び色差(アゾ系赤使用, 大気暴露5年)

項 目	水 洗	長油性フタル 酸 樹 脂 系	塩 化 ゴ ム 系	ポリウレタン 樹 脂 系	シリコンアルキド 樹 脂 系
光 沢	水 洗 前	3 (5)	19 (23)	33 (42)	8 (12)
	水 洗 後	5 (8)	36 (44)	43 (55)	12 (18)
色差(ΔE)	水 洗 前	17.0	11.8	10.4	15.8
	水 洗 後	15.0	4.2	7.0	13.5

(注) 光沢の()は光沢保持率(%)

共に、水洗後と異なっている。すなわち、塩化ゴム系と長油性フタル酸樹脂系の順位が入れかわり、ポリウレタン樹脂系、長油性フタル酸樹脂系、塩化ゴム系の順となり、塩化ゴム系が最も劣るという結果となっている。

これに対して塗膜の光沢値は、水洗後の方が水洗前より高い値を示す傾向はあるが、暴露5年後も3年後と順位は変わらず、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が最も高い値を示している。これに対して、長油性フタル酸樹脂系は、大気暴露による光沢低下が最も著しく、暴露5年後には殆んど光沢を失っている。

(2) シリコンアルキド樹脂系の光沢及び色差

シリコンアルキド樹脂系塗膜の大気暴露による光沢や色差の変化を、上記の塗料と比較するため、アゾ系赤を着色顔料とする各種塗料について、大気暴露5年後に測定した結果が表-7である。

表から、シリコンアルキド樹脂系は、塗膜水洗の有無とは無関係に、光沢保持率、色差ともに、ポリウレタン樹脂系や塩化ゴム系より劣るが、長油性フタル酸樹脂系より多少よいことがわかる。

(3) フェノール樹脂系MIOの光沢及び色差

展色剤にフェノール樹脂、顔料にMIO（雲母状酸化鉄）を用いた場合は、塗膜の表層が大気暴露により消耗してMIOが露出すると、MIO特有のキラキラ輝くいわゆるスチールグレー色が現われ、それ以後は、その状態を保持している。MIOを含む塗膜の表面は粗度が大きく光線を乱反射するため、光沢は極めて小さく暴露期間を通じて光沢は0近くを示し殆んど変化がない。

色差は、暴露前後の L 、 a 、 b の差から算出するため、数値は得られるが、MIO塗膜の場合は、暴露後の色調が本来の色調であるから、色差値で色の変化を表示するのは適切とはいえず、色調の変化は極めて小さいと判定するのが妥当であろう。

2.3 展色剤の種類及び色調と変退色度の関係

塗膜の変退色度と色差値との間には、正の相関が認められることから、色差値で変退色の程度を評価して来たが、色調によっては、目視による判定結果と色差値が必ずしも一致しない場合がある。このため、最終判断は目視によるのが最も適切であると考え、共通の着色顔料組成を有する12色について、大気暴露5年後における水洗後の目視による変退色度の評価と評価点をまとめたものを表-8に示す。表-8及び図-3、4からつぎのことが考察される。

(1) 展色剤の種類による保色性の差異

1) 長油性フタル酸樹脂系、塩化ゴム系、ポリウレタン樹脂系のいずれの展色剤においても、色差により変退色性を表示した場合と同様に、水洗後は、水洗前より変退色度が小さい結果となっている。しかし、表-8より保色性の順位は、色差の場合と異なっている。すなわち、水洗前は、長油性フタル酸樹脂系とポリウレタン樹脂系が同程度で塩化ゴム系は若干劣る結果となっているのに対して、水洗後は、塩化ゴム系が最も変退色が少なく、ポリウレタン樹脂系がこれに次ぎ、

表-8 展色剤の種類及び色系統と変退色度(大気暴露5年後の目視判定結果)

色系統		試料No	長油性フタル酸樹脂系				塩化ゴム系				ポリウレタン樹脂系			
			水洗前		水洗後		水洗前		水洗後		水洗前		水洗後	
			評価	評点	評価	評点	評価	評点	評価	評点	評価	評点	評価	評点
赤	濃	1	D	4	C	6	D	4	B	8	C	6	B	8
		4	D	4	D	4	D	4	B	8	D	4	C	6
	淡	1	F	0	E	2	E	2	D	4	E	2	D	4
		4	D	4	D	4	E	2	C	6	D	4	C	6
橙	濃	7	D	4	C	6	C	6	C	6	C	6	B	8
黄	濃	9	C	6	C	6	C	6	B	8	C	6	B	8
	淡	9	C	6	B	8	C	6	B	8	C	6	B	8
青	濃	13	C	6	C	6	C	6	B	8	D	4	C	6
	淡	13	E	2	B	8	F	0	B	8	E	2	C	6
緑	濃	14	C	6	C	6	D	4	B	8	D	4	B	8
	淡	14	D	4	B	8	E	2	B	8	E	2	C	6
灰		15	D	4	B	8	D	4	B	8	D	4	B	8
評点	計			50		72		46		88		50		82
	平均			4.2		6.0		3.8		7.3		4.2		6.8

(注) 評点は。A:10, B:8, C:6, D:4, E:2, F:0

長油性フタル酸樹脂系は最も劣る結果を示している。塩化ゴム系の場合に、水洗前と後の評価の差が大きいのは、色差値による場合と同じである。

このように、目視による判定結果が色差値による判定結果と異なるのは、人間の眼と色差計の色の変化に対する感じ方の違いが主因と思われるが、人間の眼は、塗膜の光沢の有無及びその程度ならびに光源の種類や光線の入射角度、見る角度等種々の因子の影響を受け易いことも原因していると考えられる。

(2) 色調による保色性の差異

i) 赤色系は、全般的に変退色度が大きい、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、色の濃淡による差異が大きく、一般に、淡色の方が変退色しやすい傾向がある。

着色顔料としてアゾ系赤を用いた場合は、淡色では、高級なキナクリドン系赤より変退色度が大きい結果を示しているが、濃色では、変退色は同程度と判断される。アゾ系赤を用いた淡色の場合に、并柄を併用すると、色はやや濁るが変退色しにくくなる。また、酸化鉄黄と并柄をチタン白でうすめた場合は、淡色ではあるが変退色が少なく、しかも、水洗前と後の差が殆んど認められない。

ii) 橙色系は、展色剤の種類により変退色性に差は認められるが、目視による変退色の程度が小さい割に色差値が大きい。

iii) 黄色系は、顔料の種類による差が大きく、黄鉛は、コーティングタイプを用いてさえ、目視による判定、色差ともに変退色度が大きい。これに対して、酸化鉄黄を用いると、色はやや濁るが変退色しにくくなる。黄色系においては、他の色系と異なり、色の濃淡による変退色の差異は認められず、水洗前と後での色調の変化も小さい。黄鉛を除けば全体的に変退色は小さい。

iv) 青色系は、濃色の場合には、変退色度が小さく、塗膜を水洗する前と後での色調の変化も小さいが、淡色では、水洗前後における色調の変化が大きい。

v) 緑色系は、青色系と似た傾向がある。すなわち、塗膜の水洗前と後での変退色の程度の差異は、淡色の方が濃色より著しい。

vi) 灰色系は、色差値、目視による変退色度ともに、経年的な変化が比較的小さい。

vii) M I O 色系は、暴露前と暴露後では、色調の変化は認められるが、暴露後の M I O が露出した色調が本来の色調であり、それ以後は殆んど色調変化が認められないことから、変退色はないと判断すべきである。

3. ま と め

前報告書では、大気暴露試験の結果については、大気暴露3年後までの塗膜を水洗した場合を中心にとりまとめたが、本報告書では、最終報告でもあり、実用面をも考慮して、塗膜を水洗する前と後の試験結果を合わせて考察した。

5年間にわたる暴露試験により明らかとなった主な事項は次のとおりである。

- (1) 目視による塗膜の変退色度の評価と色差との間には、塗膜の水洗の有無に関らず総体的によい相関性が認められる。しかし、色調によっては、変退色の程度を色差だけで表示できない場合もあることは、前報告の結論と同じである。
- (2) 塗膜の保色性は、明らかに展色剤の種類により異なっている。塗膜の保色性を実用上の観点から塗膜を水洗しない状態での色差値と目視による変退色度評価により総合的に評価すれば、ポリウレタン>長油性フタル酸>塩化ゴムの順となり、ポリウレタン樹脂系が最もよい結果となっている。この結果は、暴露3年後の水洗前の色差値による評価と同じであるが、3年後と5年後の色差値の差が予想以上に小さいことから、変退色が限界点に近づいていることが推定される。
- (3) 塗膜の保色性は、塗膜の色調及び色の濃淡により異なり、一般に、濃色より淡色の方が変退色度が大きい傾向がある。ただし、今回試験した顔料配合の黄色系では、色の濃淡による差は認められなかった。

各色系ごとに、その保色性の特徴を述べればつぎのようである。

- ① 赤色系では、アゾ系赤と、これより高価なキナクリドン系赤を比較すると、淡色の場合は、キナクリドン系赤の方が変退色は小さいが、濃色の場合は、大同小異であった。

しかし、アゾ系赤に并柄を併用すると変退色の程度は小さくなる。また、并柄と酸化鉄黄を併用したものは、変退色の程度は更に小さく、しかも、水洗前後の差が殆んど認められなかった。

- ② 橙色系は、色差値が大きい割には目視による変退色度は小さい。
- ③ 黄色系は、顔料の種類による差が大きい。酸化鉄黄を配合すると色調は濁るが変退色の程度は小さくなる。黄鉛は、コーティングタイプを用いても変退色しやすいので注意が必要である。
- ④ 青色系は、濃色の場合にとりわけ保色性がよい。緑色系も青色系と似た傾向がある。
- ⑤ 灰色系は、色の変化が比較的小さい。また、MIO色系は、変退色といえるほどの色の変化を示さない。

あ と が き

本報告書の結論は、中間報告である前報告書の結論と大筋において変るところはないが、更に2年間の歳月を積み重ねて下した結論の重みは、前報告のそれとは格段の差があるといえよう。

大気暴露試験3年までの成果は、すでに、社団法人日本道路協会の鋼道路橋塗装便覧等で活用されているが、5年間にわたる試験により、更に長期にわたる保色性の推定が可能になったと考えている。

本試験は、今回の報告をもって一応終了するが、1組の塗装試験片は現在も暴露を継続しており、今後調査する機会があれば、更に2～3年経過後に調査し、決定的な結論を下したいと考えている。

〔 謝 辞 〕

本試験は、日本ペイント株式会社（担当技術者 福島 稔氏）、関西ペイント株式会社（同 関野 修弘氏）、大日本塗料株式会社（同 高瀬勝次氏）、石川島播磨重工業株式会社（同 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次第である。