

## 1 まえがき

塗装は保護と美観の付与をおもな目的としているが、屋外で暴露使用されると徐々に塗膜の機能が低下してくる。

塗膜の機能低下は大気中の光、水、薬品類、酸素、オゾン、熱などの複合作用によって生ずるもので、塗膜自体の変質や鋼構造物塗装にあっては素地鋼材の腐食などの形で現われる。

このような塗膜の劣化進行程度、塗装目的の観点から見れば“耐久性”は促進試験により短期間で評価する必要がある。しかし、自然暴露における塗膜の劣化が複合環境作用によるものであれば、暴露結果と相関性がありしかも促進効率のよい促進劣化試験方法を得ることは難しい。

ここでは、塗装目的のうち美観について、同時に実施した屋外暴露試験と促進劣化試験の結果を対比してその相関関係について考察する。また、その成果として、標準塗料による試験条件の定量的基準と塗膜の耐候性性能規定を提案する。

この報告は、(財)日本ウエザリングセンターの“新発電システムの標準化に関する調査研究”のうち“塗料系分科会”で行われた試験結果の一部を報告するものである。

## 2 計画

この試験は次の3種類からなる。

- 1) 一般塗料の耐候性試験
- 2) 長期耐久性塗料の耐候性試験
- 3) 標準塗料の試作検討

### 2.1 一般塗料の耐候性試験

暴露試験と促進試験とを行って塗膜の色彩と光沢の変化につき、その相関を調べた。また、変色について官能評価を行い機器測定色差と対比し変色の定量化基準を検討した。

供使塗料試験片は構造物の上塗り塗料として一般的に使用されている、合成樹脂調合ペイント(長油性フタル酸樹脂塗料)とポリウレタン樹脂塗料の各9色について、表1のような内容で作成した。

試験は、2箇所での暴露と3種類の促進試験により行った。

- 暴露試験場 ①JWTC 銚子暴露場 ②JWTC 宮古島暴露場  
促進試験法 ①サンシャインカーボンアーク灯促進試験  
②キセノンアーク灯促進試験 ③QUV 促進試験

試験結果の評価方法は表2のようである。

---

\* 社団法人 日本鋼橋塗装専門会 技術委員長

表1 試験片

塗装系	上塗り塗料の色彩
エッチングプライマー 鉛系さび止めペイント 合成樹脂調合ペイント	グレー P1-1004
	青濃彩 P18-846 青淡彩 P14-846 淡
	緑濃彩 P32-557 緑淡彩 P32-557 淡
	黄濃彩 P34-346 黄淡彩 P34-346 淡
	赤濃彩 P33-145 赤淡彩 P33-145 淡
有期ジンクリッチプライマー エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料	グレー P1-1004
	青濃彩 P18-846 青淡彩 P14-846 淡
	緑濃彩 P32-557 緑淡彩 P32-557 淡
	黄濃彩 P34-346 黄淡彩 P34-346 淡
	赤濃彩 P33-145 赤淡彩 P33-145 淡

表2 試験結果の評価方法

測定項目	評価方法
白亜化	JIS K 5400 により判定する
色差	柔らかい刷毛で軽く払った部分と水拭きをした部分について JIS K 5400 7.4.2 により保存試験片との色差を計測する。
鏡面光沢度	柔らかい刷毛で軽く払った部分と水拭きをした部分について JIS K 5400 7.6 により 60 度鏡面光沢度を計測する。

## 2.2 長期耐久性塗料の耐候性試験

一般塗料の耐候性試験に引き続いて、長期耐久性塗料のふっ素樹脂塗料の耐候性試験を行い、塗膜の色彩と光沢の変化について暴露試験と促進試験とを行ってその相関を調べた。

供使塗料試験片は構造物の上塗り塗料として最も耐候性のよいふっ素樹脂塗料 13 色とし、先に行った一般塗料の耐候性試験の結果と対比するためにポリウレタン樹脂塗料 6 色についても同時に試験した。試験片の内容を表 3 に示す。

試験は、一般塗料の耐候性試験と同様に、2箇所での暴露と2種類の促進試験により行った。

暴露試験場 ①JWTC 銚子暴露場 ②JWTC 宮古島暴露場

促進試験法 ①サンシャインカーボンアーク灯促進試験

②キセノンアーク灯促進試験

試験結果の評価方法は一般塗料の耐候性試験の場合と同様である。

表 3 試験片

塗装系	上塗り塗料の色彩
有期ジンクリッチプライマー エポキシ樹脂塗料 ふっ素樹脂塗料	グレー 青濃彩 青淡彩 緑濃彩 緑淡彩 黄濃彩 黄淡彩 赤濃彩 赤淡彩 赤+青の濃彩 赤+青の淡彩 黄+青の濃彩 黄+の淡彩
有期ジンクリッチプライマー エポキシ樹脂塗料 ポリウレタン樹脂塗料	青濃彩 黄濃彩 赤+青の濃彩 赤+青の淡彩 黄+青の濃彩 黄+青の淡彩

### 23 標準塗料の試作検討

暴露試験では塗膜に対する劣化条件は人工的にコントロールすることができず、暴露場所による違いはもとより、同じ暴露地であっても季節や年の変動がある。

JIS K 5400 塗料一般試験方法では、このような場合の評価にあたっては同時に同様に試験した評価対照品と比較して試験することが定められているが、JIS の設定見本品に該当するものはなく、当事者間の協定した試料が用いられているのが現状である。

このため、内容が明らかで再現性のある配合により塗料を作成して暴露条件の基準とする検討を行った。

基準塗料は、合成樹脂調合ペイント白、ポリウレタン樹脂塗料5色、ふっ素樹脂塗料白とした。

試験は、3箇所での暴露と2種類の促進試験により行った。

- 基準塗料の種類
- ①合成樹脂調合ペイント白
  - ②ポリウレタン樹脂塗料青、緑、黄、赤
  - ③ふっ素樹脂塗料白

暴露試験場 ①JWTC 銚子暴露場 ②JWTC 宮古島暴露場 ③JWTC 旭川暴露場

- 促進試験法
- ①サンシャインカーボンアーク灯促進試験
  - ②キセノンアーク灯促進試験

試験結果の評価方法は表2と同様とした。

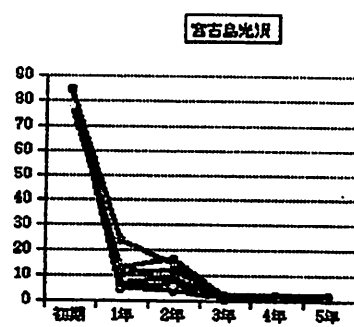
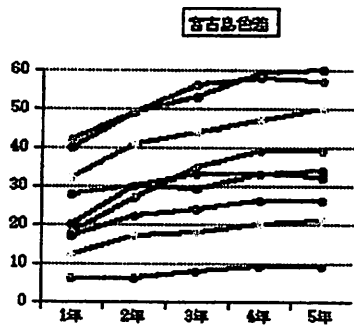
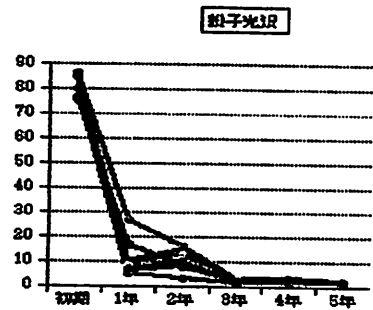
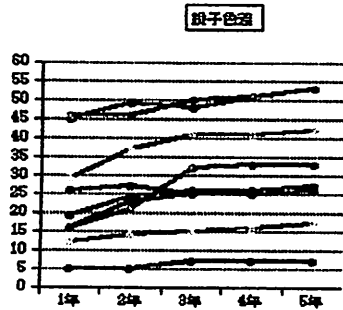
## 3 試験結果と考察

### 3.1 一般塗料の耐候性試験

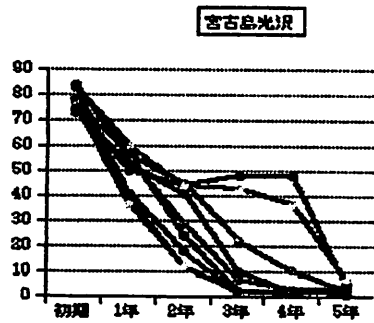
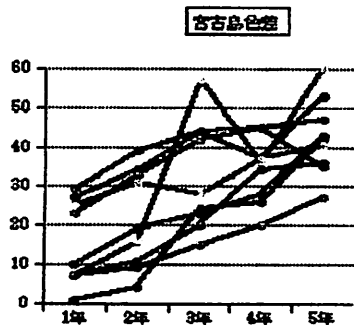
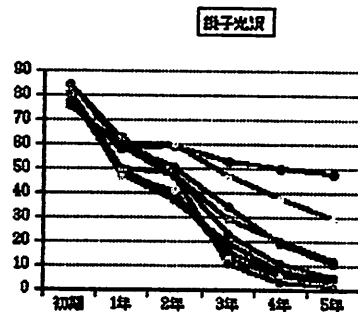
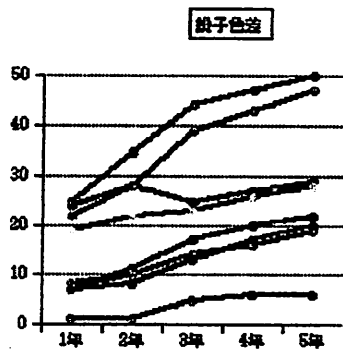
一般塗料の耐候性試験の結果を図1に示す。

図1 一般塗料の耐候性試験結果

合成樹脂調合ペイントの結果



ポリウレタン樹脂塗料の結果



光沢低下と色差変化の状態は塗料の種類により異なるが、暴露地が違っても同様な変化をする。合成樹脂調合ペイントの光沢は暴露1年でほぼ失われた。

ポリウレタン樹脂塗料でも3年でほとんどの色の光沢が保持の最低限界の20にまで低下した。

合成樹脂調合ペイントの色差は暴露1年で大きく変化しその後あまり変化しない。

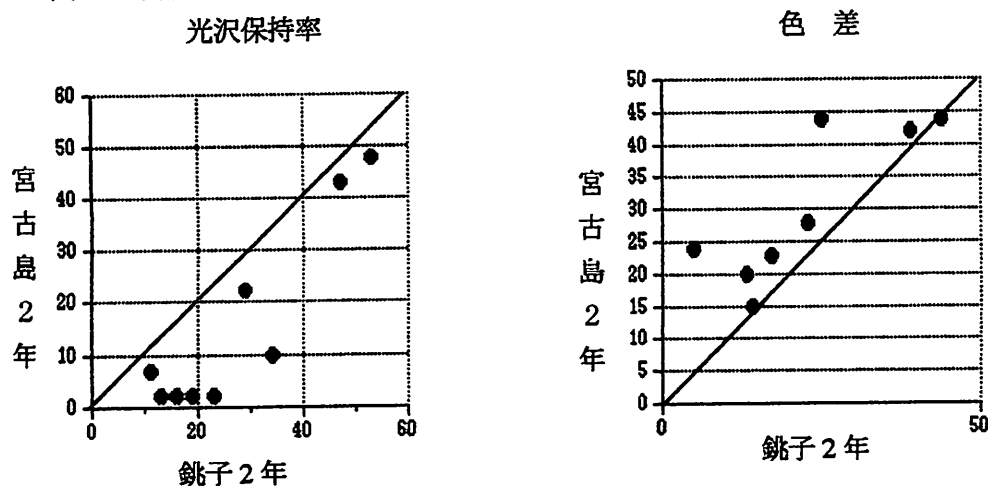
ポリウレタン樹脂塗料は徐々に色差が大きくなり3年では白以外の色すべてが色差20を越えた。

色差の変化は色によって異なり、赤・黄の濃彩>赤・黄の淡彩>青・緑>グレーの順に色差が大きかった。

暴露地の差を図2に示す。光沢、色差ともに銚子にくらべて宮古島における変化が大きい。

宮古島は銚子に比べて紫外線量はかわらないので、塗膜劣化の原因は水や塩類の影響によるものと考えられる。

図2 暴露値の差



促進試験では、サンシャインアーク灯促進試験とキセノンアーク灯促進試験はいずれも2000時間の試験でも暴露1年間の変化に到達しなかった。

QUV灯試験300時間の結果を銚子暴露2年間の結果と対比して図3に示す。

図3 QUV灯試験結果と銚子暴露結果の対比

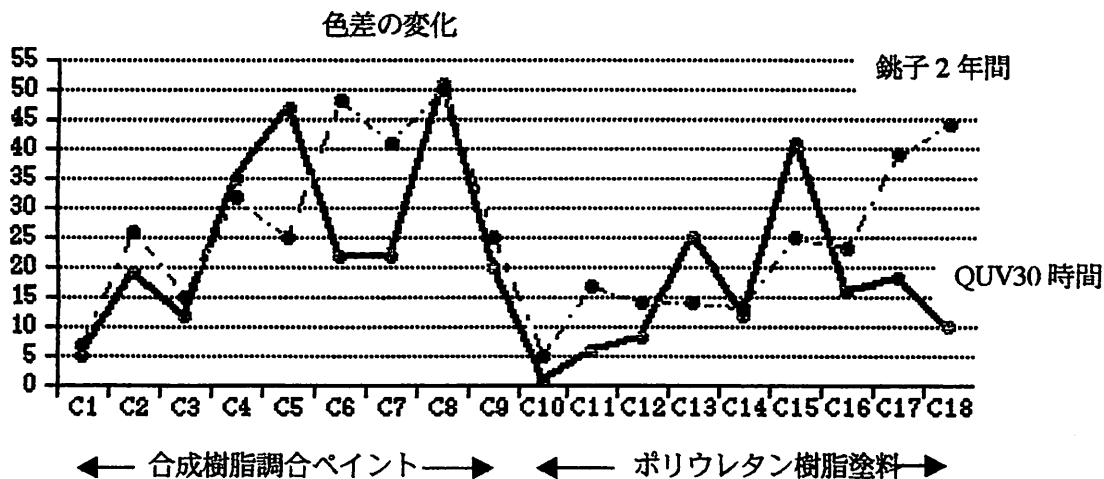
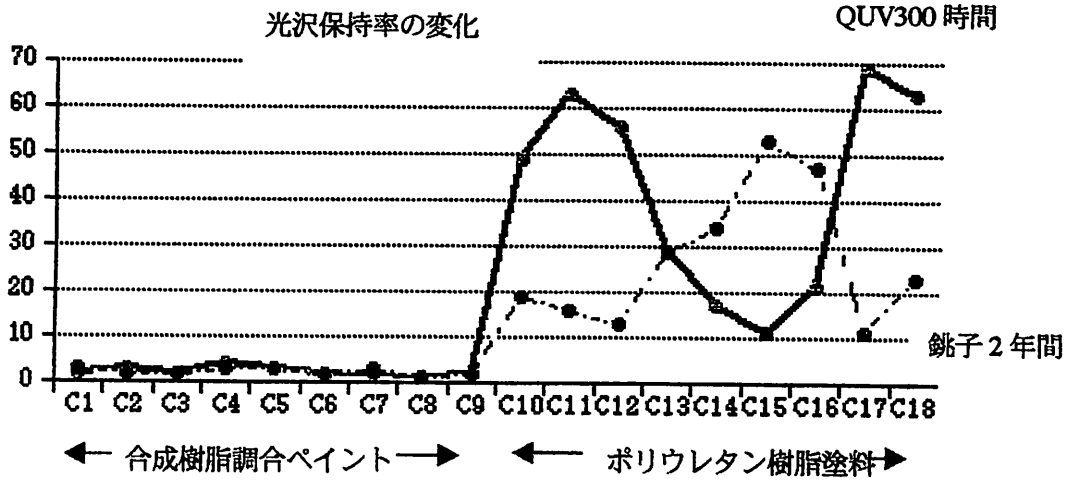


図3 つづき



サンシャインカーボンアークとキセノンアークに比べて促進効率は高く、500 時間で3年程度の暴露に匹敵するが塗料の種類における相関性に劣り検討が必要である。

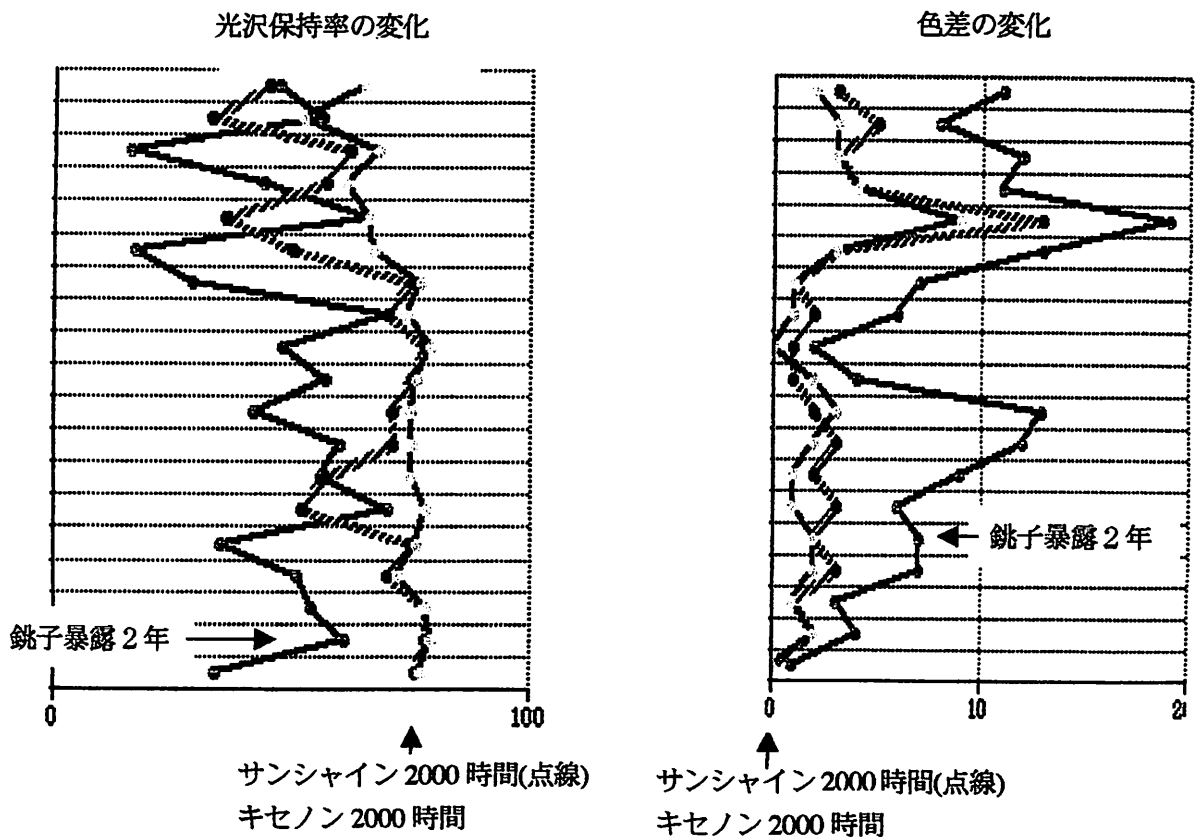
### 3.2 長期耐久性塗料の耐候性試験

構造物用塗料としてもっとも耐候性のよいふっ素樹脂塗料について、ポリウレタン樹脂塗料を比較に試験を行った。

各塗料のサンシャインカーボンアーク灯促進試験とキセノンアーク灯試験 2000 時間と、銹子暴露2年間の結果を図4に示す。

促進倍率は低いが相関性は十分にある。

図4 長期耐久性塗料の試験結果



### 3.2 基準塗料の選択

基準塗料の選択試験では、7種類の塗料について、サンシャインカーボンアーク灯促進試験とキセノンアーク灯促進試験の1000時間と、銚子、宮古島、旭川の1年間の暴露を行った。

結果の概要は次のようである。

#### (1) 光沢の変化

合成樹脂調合ペイント白は、サンシャインカーボンアーク灯促進試験800時間で保持率20%にまで低下したが、キセノンアーク灯促進試験では1000時間でも保持率は90%程度でサンシャインカーボンアーク灯促進試験300時間に相当し促進効率が悪い。ポリウレタン樹脂塗料とふっ素樹脂塗料ではサンシャインカーボンアーク灯促進試験1000時間でも保持率は90%以上であった。

#### (2) 色差の変化

ポリウレタン樹脂塗料赤がサンシャインカーボンアーク灯促進試験でやや大きな変化(色差8程度)を示したほかは、サンシャインカーボンアーク灯促進試験とキセノンアーク灯促進試験の結果はほぼ同じであった。白を除けば、1000時間後の色差は2から4程度であった。

#### (3) 暴露試験の結果

暴露2年間までの光沢と色差の変化を表4に示す。

表4

試験内容 塗料の種類	光沢保持率						色 差					
	銚子		宮古島		旭川		銚子		宮古島		旭川	
	1年	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年	1年	2年
合成樹脂調合白	40	9	17	3	55	48	2.3	0.9	2.6	2.9	6.5	4.1
ポリウレタン白	79	29	32	4	93	88	2.2	1.5	4.1	3.5	4.3	3.9
青	75	30	40	5	89	78	5.9	14.1	10.3	19.0	3.0	6.2
緑	78	38	60	18	91	83	4.6	10.	6.9	13.5	4.3	5.1
黄	88	74	79	74	91	91	9.3	12.1	13.3	13.5	10.4	10.2
赤	76	37	69	35	92	77	11.1	20.0	13.4	22.4	5.5	12.1
ふっ素白	95	72	68	8	90	94	2.1	1.9	3.9	4.0	4.1	2.8

暴露試験結果は、光沢、色差ともに、

宮古島>銚子>旭川の順で変化が大きく、光沢の変化でその差が大きい。

#### (4) 促進試験結果と暴露試験結果の対比

促進試験と暴露の結果を対比すると、促進試験を1000時間行っても1年間の暴露の変化に到達していない。

#### (5) 基準塗料の選択

基準塗料は比較的短期間で変化するものであることが望ましい。

基準値は塗膜に明らかな変化があってその周辺の期間で変化の大きい期間で設定した。この観点で見ると、基準塗料としては光沢の変化には合成樹脂調合ペイント白がよく、色差の変化にはポリウレタン樹脂塗料赤が適している。

合成樹脂調合ペイント白の光沢保持率変化は次のようである。

	保持率が“50%”になる期間
暴露 銚子	10ヶ月
宮古島	7ヶ月
旭川	12ヶ月
サンシャイン促進	600時間
キセノン促進	1000時間以上

ポリウレタン樹脂塗料赤の色差変化は次のようである。

	色差が“5”になる期間
暴露 銚子	5.5ヶ月
宮古島	4.5ヶ月
旭川	12ヶ月
サンシャイン促進	800時間
キセノン促進	1000時間以上



#### 4 新しい試験方法の提案

##### 4.1 標準試料による試験条件の評価方法

標準試料の試作検討の結果により、次のような試験基準案を作成した。

基準の名称 標準試料による耐光性及び耐候性試験の条件強度の判定

序文 この基準は塗料の長期耐久性のうち耐光性と耐候性の試験の強度を判定するものである。

塗膜の耐光性と耐候性は複数の因子の影響により、視覚特性である塗膜の色と鏡面光沢度の変化で評価される。これらの因子の量は試験の度に異なり評価結果も変化する。このため、標準試料を作成して試験することで耐光性と耐候性試験の条件強度を判定する基準を作成した。

適用範囲 標準試料により標準試験片を作成し、試験して試験条件強度を測定する。

原理 配合を厳密に設定した標準試料（塗料）を塗装して標準試験片を作成する。標準試験片は作成する場所や時期に拘わらず同じ耐光性と耐候性試験を示すものである。

標準試験片 標準試験片は次の2種類とする。

- A. 鏡面光沢度標準試験片（合成樹脂調合ペイント白色）
- B. 変色標準試験片（ポリウレタン樹脂塗料）

塗料の配合 省略

測定方法 変色または鏡面光沢度変化を測定する。

耐光性試験では試験機の種類、同一試験機の機差、測定時期の差を判定する。

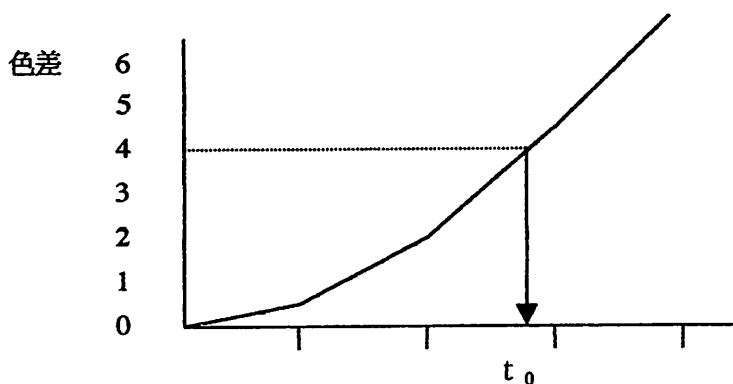
耐候性試験では暴露地、暴露時期、暴露方法の差を判定する。

判定 変色では、標準試験片の色差 CIELAB が4に達した時間をもって、その条件の試験強度とする。標準試験で時間が  $t_0$  で別に試験した結果が  $t_1$  の場合、試験した条件の強度は  $(t_1 / t_0)$  となる。

鏡面光沢度では標準試験片の鏡面光沢度が90%に達した時間をもって、その試験強度とする。標準試験で時間が  $t_0$  で別に試験した結果が  $t_1$  の場合、試験した条件の強度は

$(t_1 / t_0)$  となる。

試験強度の強度の判定は試験時間で行い、測定値の大きさで行ってはならない。



#### 4.2 塗膜性能規定

暴露試験と促進試験を対比して行った結果により耐候性の塗膜性能規格案を作成した。

構造物の塗装において施工基準によって塗料の品質、施工条件、管理内容などを厳密に規定して塗装の品質を確保する方法から、結果としての性能を保証する性能規定化が導入されている。その目的は新技術の導入、コスト縮減等にある。塗料についても要求性能を明らかにしてそれを確保することが必要になるので、耐候性に関する塗膜性能規格案を作成した。

規格の名称 耐候性の塗膜性能規格

序文 塗膜は

適用範囲 試験片の促進試験を行い耐候性の等級をきめる。

原理 促進試験により塗膜の変色度と鏡面光沢度の変化を測定し、予測される暴露性能から塗膜の耐候性の等級をきめる。

測定方法 耐候性が確保できる塗装系により試験片を作成して、キセノンアーク灯促進試験を1000時間行ってから色差 CIELAB と鏡面光沢度を測定し、その結果から判定表により塗膜の耐候性等級をきめる。

塗膜の耐候性の判定基準 (キセノンアーク灯促進試験 1000 時間後)

試験後の鏡面光沢度 試験後の色差	70 以上	70 未満 60 以上	60 未満 40 以上	40 未満
ΔE 3 未満	A	A	B	C
ΔE 3 以上 10 未満	A	B	C	D
ΔE 10 以上 15 未満	B	C	D	E
ΔE 15 以上	C	D	E	E

解説 キセノンアーク灯促進試験は促進効率は悪いが暴露試験との相関性がよいので促進試験に用いることにした。したがって試験後の色差と光沢の基準値は実用上の要求値よりも高く設定している。300時間後の色差と鏡面光沢度の一般的な暴露結果との対比は次のように想定している。

実用上の要求値は次の程度と考えている。

光沢	非常によい	60 以上
	よい	60~40
	光沢が感じられる	40~20
	光沢が失われている	20 以下

色差	変色がほとんど感じられない	ΔE: 5 以下
	わずかに変色がある	ΔE: 5~10
	変色がある	ΔE: 10~20
	変色が著しい	ΔE: 20 以上