

塗膜の長期耐候性試験結果

財団法人 日本塗料検査協会 田原 芳雄

現在すでに、JIS規格の油性さび止め塗料及び日本道路公団JHS-P規格のさび止め塗料で採用されている促進複合腐食試験のサイクル条件は、通産省よりの委託研究である「昭和60年度石油製品需給適正化調査報告書」で検討されたものである。

しかし、当時の実験では期間等の制約より油性さび止め塗料を主体とした塗膜及び塗装系を用いたものであり、現在でもJISで促進複合腐食試験が採用されているのは一部の油性さび止め塗料についてのみである。

一方、昭和63年度に入り日本道路公団試験所(現在は試験研究所)よりの委託で、ジンクリッチペイントを含む重防塗料を主体とした塗装系の暴露実験が、東京、沖縄、北陸の3か所で開始された。

ここでは、鋼橋の新設塗装系及び補修塗装系の検討を行うとともに、重防食塗料及び塗装系を主体とした促進複合腐食試験方法を長期暴露試験結果と対比して検討が行われている。

この実験結果の詳細は、これら実験を主導している日本道路公団試験研究所で近々発表される予定であるので、ここでは一部概要のみ報告することとする。

1. 「昭和60年度石油製品需給適正化調査」報告書より

当時JIS等の規格試験で一般に用いられていたさび止め塗装の促進腐食試験は、塩水噴霧試験や塩水浸漬試験であった。

これらの促進腐食試験法は、再現性に優れており、十分に管理された製品に対する製造ロットのバラツキを調べるうえでは、簡便で用いやすい試験である。

しかし、これら促進試験方法の屋外暴露試験との相関性等、実

用性からは問題のあることが以前より指摘されていた。

我々は、この塩水噴霧試験に代わる促進腐食試験方法として、自動車業界（海外をはじめ、トヨタ・日産等）ですでに使用されており、その他の業界でも検討が始まった複合腐食試験に着目し、サイクル条件である塩水噴霧・湿潤・乾燥それぞれの温度及び時間について検討を行い、実環境での暴露試験とかなり高い相関性を示す条件を決定した。

表 2 海外自動車メーカーによる複合腐食試験条件

番号	条 件	備 考
1	<p>→塩水浸漬(5% NaCl室温15分)→室温放置(75分)→高温高湿室(60℃ 85% RH2.5時間)←</p> <p>月曜日のみ:室温放置後→加熱(60℃1時間)→冷凍(-13℃,30分) <small>→高温高湿室</small> 土・日:高温高湿室 1日1サイクルで20サイクル(4週間)実施</p>	GM
2	<p>カオリン塗布 →塩水浸漬(5% NaCl23℃15分)→室温放置(75分) →高温高湿室(49℃ 85~90% RH2.5時間)←</p> <p>土・日:恒温高湿室 1日1サイクルで60サイクル(12週間)実施</p>	FORD (America) APC test
3	<p>→塩水噴霧(5% NaCl35℃24時間)→高湿室(室温100% RH8時間) ←扉を開いた高湿室(48時間)←</p> <p>7日1サイクルで10サイクル実施</p>	FORD(Europe)
4	<p>高温高湿室(120℃ F-49℃ 90~100% RH5時間)→塩霧(5% NaCl 15分) →乾燥(120℃ F50%以下のRH,6時間45分)</p> <p>12時間を1サイクルとして50サイクル(25日)実施</p>	Chrysler
5	<p>クラーノモーター→ロスカット 塩水散布大気暴露(地下に対し30°の角度) 1週間に2回5% NaCl散布 35週間実施</p>	Volvo test
6	<p>月曜日:クラーノモーター→塩水噴霧(24時間) 火~金曜日: 高温高湿室(40℃100% RH8時間)→扉を開いた高温高湿室(室温16時間)</p> <p>金曜夕方,土,日曜日:扉を開いた高温高湿室 1週1サイクルとして3サイクル実施</p>	Volkswagen

1.1 検討塗装系

検討した塗装系は、油性錆止めを主体としたもので10仕様とした。

表1.1 塗装系

塗装系	塗料	1回塗付 塗量 ※	塗回数	乾燥時間
A	J I S K 5 6 3 3 エッチングプライマー2種(長ばく型)	$0.8 \pm 0.08g$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 96hr
B	J I S K 5 6 2 1 一般用さび止めペイント2種	$0.4 \pm 0.05ml$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 168hr
C	J I S K 5 6 2 2 鉛丹さび止めペイント2種	$0.3 \pm 0.05ml$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 168hr
D	J I S K 5 6 2 3 亜鉛化鉛さび止めペイント1種	$0.4 \pm 0.05ml$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 168hr
E	J I S K 5 6 2 5 シアナミド鉛さび止めペイント1種	$0.4 \pm 0.05ml$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 168hr
F	J I S K 5 6 2 7 ジンククロメートさび止めペイントA種	$0.4 \pm 0.05ml$ $\times 1/2$	2	1st 24hr 2nd 168hr
G	J I S K 5 6 2 5 シアナミド鉛さび止めペイント1種	$0.4 \pm 0.05ml$	2	1st 24hr 2nd 72hr
	J I S K 5 5 1 6 合成樹脂調合ペイント2種上塗	$0.5 \pm 0.05ml$	2	1st 24hr 2nd 168hr
H	J I S K 5 6 6 4 タールエボキシ樹脂塗料1種	2.0ml	2	1st 24hr 2nd 168hr
I	H B S K 5 6 1 1 無機ジンクリッチプライナー		1	48hr
J	素地鋼板のまま			

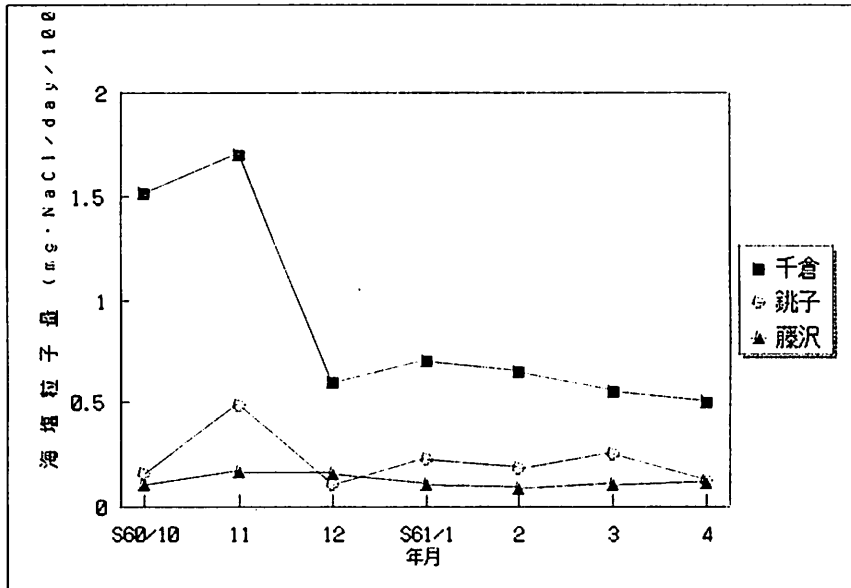
※(注)1回塗り塗付量は100cm²当りの値。いずれもJ I S耐塩水性試験(タールエボキシ樹脂塗料では塩水噴霧試験)の方法通りとする。

1.2 屋外暴露条件

屋外暴露場として、次の3か所を選び上記塗装系でそれぞれ各地で6か月間暴露を行った。

- ① 藤沢 (日本塗料検査協会東支部屋上)
- ② 銚子 (日本ウエザリングテストセンター暴露場)
- ③ 千倉 (房総半島千倉市忽戸漁協岸壁より約3m)

図 1 各地の海塩粒子量



1.3 促進腐食試験機及び検討条件

促進腐食試験機はスガ試験機(株)社製の下記2機種を用いた。

- ① 塩乾湿複合サイクル試験機
- ② 浸漬サイクル複合試験機

試験条件は、自動車業界、新日鐵・川鉄等鉄鋼業界及び建設省土木研究所で検討された条件等を参考にして、次の11条件とした。

なお、今回実験に用いた塗料は油性錆止めが主体であり、特に湿潤時の吸水特性が重要と考えられ、湿潤時の温度条件を決定するため温度変化による各塗料の吸水率をもとめた。

図 2 温度変化による塗膜の吸水率（3%NaCl水溶液中）

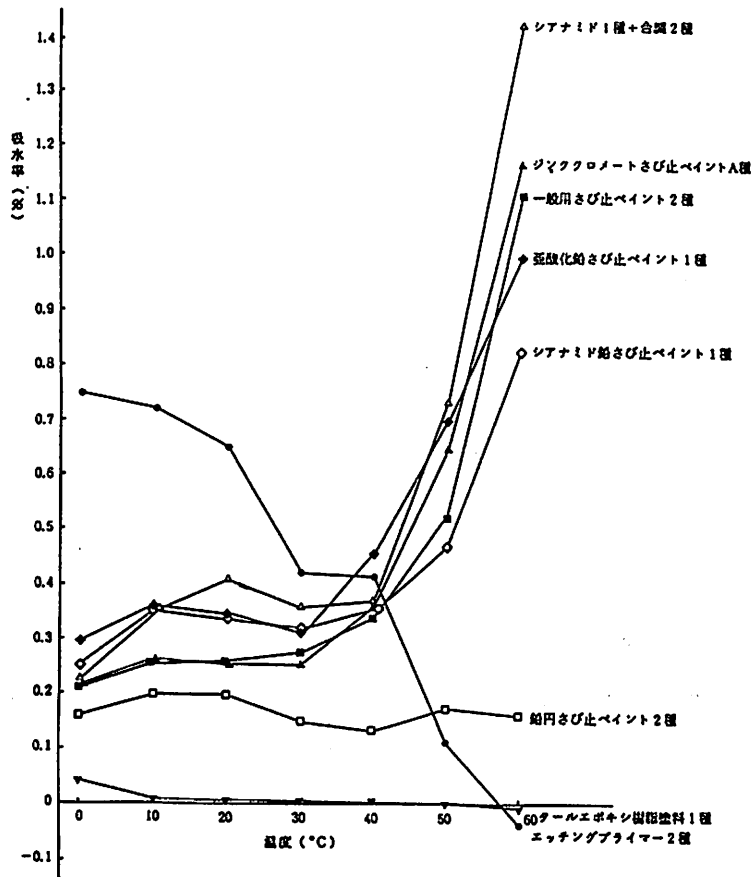
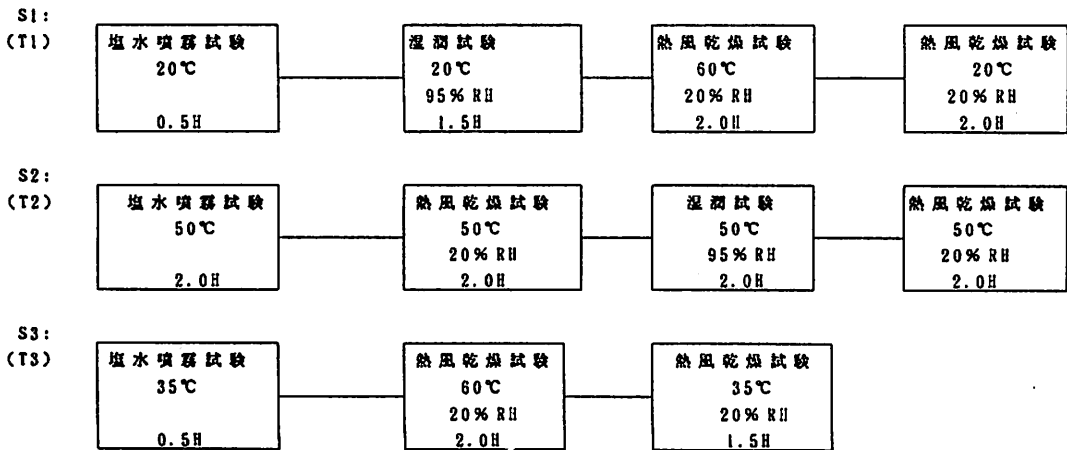
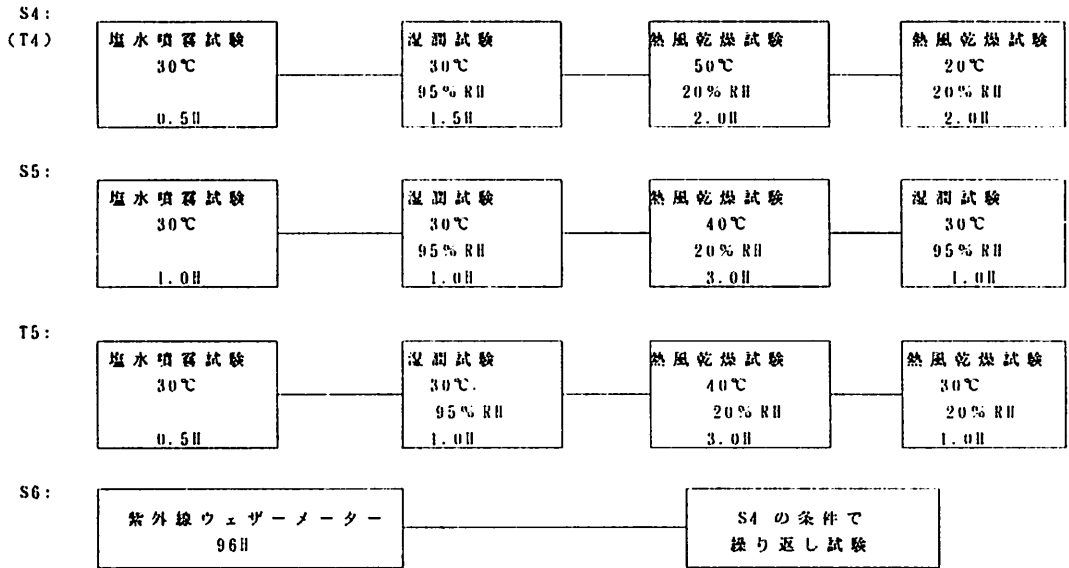


表 3 複合腐食試験の検討条件





注(註) T1, T2, T3, T4は、それぞれS1, S2, S3, S4の塩水噴霧試験を塩水浸漬試験に置換える。

1.4 試験結果

促進複合腐食試験及び屋外暴露試験の成績評価は、いずれも一般部の錆・ふくれ、塗膜の一部につけたキズからの錆幅の広がりを総合的に評価して点数化した。

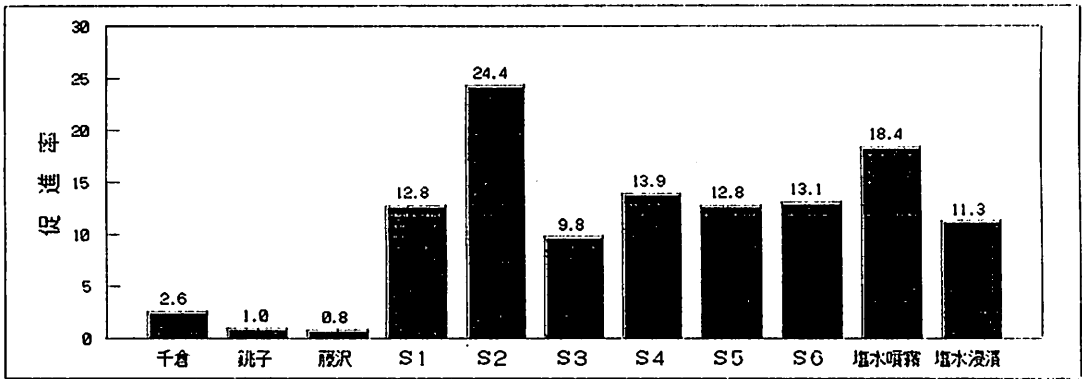
① 相関性

各促進複合試験と屋外暴露試験との相関係数表及び促進率をそれぞれ表1.4及び図3に示す。

表4 相関係数表

	屋外暴露試験			促進複合腐食試験						従来試験	
	千倉	銚子	藤沢	S1	S2	S3	S4	S5	S6	塩水噴霧	塩水浸漬
千倉	1										
銚子	0.845	1									
藤沢	0.917	0.963	1								
S1	0.762	0.571	0.608	1							
S2	0.099	0.399	0.348	0.05	1						
S3	0.527	0.306	0.393	0.633	0.004	1					
S4	0.911	0.905	0.964	0.633	0.332	0.594	1				
S5	0.834	0.765	0.810	0.688	0.270	0.795	0.929	1			
S6	0.951	0.862	0.944	0.604	0.259	0.576	0.971	0.896	1		
塩水噴霧	0.597	0.723	0.739	0.489	0.071	0.258	0.599	0.425	0.560	1	
塩水浸漬	0.811	0.733	0.783	0.765	0.239	0.033	0.670	0.525	0.691	0.815	1

図 3 各試験の促進率



これらより、従来よりJIS規格試験等で一般的に行われている塩水噴霧試験等は、促進率はかなりあるものの屋外暴露試験との相関性は低く、実用性の見知から不十分と考えられる。

一方、複合腐食試験では各試験条件の検討により、主にサイクル中の湿潤試験の温度及び時間が促進率と相関性に大きく影響を与えていることがわかる。

また、図2に示したように今回の試験に用いた塗膜の吸水率は温度30～40℃で急激に上昇しており、湿潤時の塗膜のT_g点はこの付近に存在すると考えられる。

従って、今回の実験のように油性塗膜を含む試験では、サイクル条件中の湿潤時の温度は30℃程度でおさえるべきと考えられ、事実この条件を満たすS4及びS6サイクルが屋外暴露試験と高い相関性を示した。

なお、自動車用焼き付け塗膜等はT_g点も高く、湿潤時の温度をより高温に設定し促進率を高めることが可能と考えられ、事実JASO M60991でその条件が規定されている。

2. 日本道路公団「鋼橋塗装の補修に関する試験」報告書より

日本道路公団には多数の鋼橋があるが、その維持管理は、これまで塗装による補修を主体として行われている。しかし、これらの補修塗装工事は、環境汚染などのため、サンドブラストやエアレススプレー塗装などの自動化が行われにくく、さらに足場架設などに多くの人手を要する等、労働集約的要素を多分に残している。このため、従来の鋼橋塗替え補修工事の主体は労務費となり、その高騰とともに維持管理費は増加の一途をたどっている。

一方塗料そのものの技術は日進月歩であり、特に最近の重防食塗装システムを用いれば、従来の油性系、フタル酸系、塩化ゴム系などの塗装系に比べ数倍の防食耐久性をもたせることが可能となっており、またこれらの長期防食性に対応しうるような長期耐候性をもつ上塗塗料の開発も進んできている。

従って、これら鋼橋用塗装の塗替え周期を延ばすことにより、補修費の低減をはかるため、重防食を主体とする新設および補修橋梁用塗装系について、鋼橋、亜鉛メッキ橋、耐候性鋼橋を対象に、昭和63年度(1988年)から向こう10年間、腐食環境のそれぞれ異なる東京(町田)、北陸(親不知)、沖縄(許田)の3地域に公団の暴露試験場を設置して、長期暴露試験を行ない、それぞれの環境に適した塗装系および施工システムを選定する。またこれと並行して屋外暴露試験と相関性のある促進試験方法を上記3地域の他に沖縄(許田海岸)を加えて4地域を対象として向こう5年間を目標に検討してきた。

2.1 暴露場

- ① 東京〔温暖田園地域〕――日本道路公団試験研究所 構内
温暖で海塩粒子がほとんど飛来せず、田園、山間および都市部等、腐食がきびしくない環境
- ② 沖縄内陸〔亜熱帯地域・海塩粒子飛来地域〕――沖縄自動車
道管理事務所所有地(許田料金所)

沖縄は、亜熱帯地域で高温多湿な上、周囲が海に囲まれており、海塩粒子の飛来は全島に及んでいる。

このような環境のため、鋼構造物の腐食は著しく、また日射量も本州に比べて多く、塗膜の紫外線劣化と塗膜下腐食の進行が同時に強く進行するものと予想される。

③ 沖縄海岸 - - - - - 沖縄自動車道許田海岸高架橋下

昭和63年度に設置した沖縄暴露場は海岸から約600m内陸にあるため、海からの飛来塩分が少ないので、促進腐食試験代表塗装系試験用に海岸部に1台設置した。

この暴露場は海岸から約10m位であり、高速道路下で許田に比べて湿度が高く、又飛来塩分も多く内陸暴露場に比べて鋼構造物の腐食は著しく進行するものと予想される。

④ 北陸〔海岸・積雪地域〕 - - - 北陸自動車道親不知インター
高架橋下(海岸より約50m)

北陸から新潟・秋田にかけての海岸地帯は、日本海から強い風が吹きつけ多量の高塩粒子が飛来するとともに、冬期は積雪があり、道路に岩塩等融雪剤の散布が行われるため腐食が著しく進行する。

2.2 促進腐食試験

本実験の重要目的のひとつとして「暴露試験との相関性の高い重防食塗装系の促進腐食試験方法の検討」がある。

この目的のため重防食を主体とした21仕様(単膜および塗装系)の試験板を用い、5暴露場(東京・沖縄内陸・沖縄海岸・北陸・藤沢)での暴露結果と比較し相関係数を求めた。

ここで、用いた促進複合腐食条件は

SS : 塩水噴霧試験、 DS : 建設省土木研究所サイクル、

NS : 旧日産自動車サイクル、 NS2 : JASOサイクル、

海水NS : NSで塩水を海水に変える

ASTM : ASTM規格で規定

表 5 相関係数表

		屋外暴露					促進腐食試験						
		東京	沖縄内陸	沖縄海岸	北陸	藤沢	No. ①	No. ②	No. ③	No. ④	No. ⑤	No. ⑥	No. ⑦
東京		1.000											
沖縄内陸		0.300	1.000										
沖縄海岸		0.557	0.647	1.000									
北陸		0.777	0.594	0.635	1.000								
藤沢		0.740	0.625	0.652	0.948	1.000							
No. ①	SS	0.120	0.576	0.505	0.275	0.444	1.000						
No. ②	S-6	0.690	0.718	0.786	0.825	0.853	0.406	1.000					
No. ③	DS	0.523	0.491	0.669	0.754	0.845	0.442	0.806	1.000				
No. ④	NS	0.609	0.675	0.672	0.793	0.832	0.557	0.768	0.778	1.000			
No. ⑤	JASO	0.512	0.777	0.734	0.774	0.853	0.711	0.764	0.790	0.943	1.000		
No. ⑥	海水NS	0.665	0.745	0.907	0.841	0.859	0.554	0.937	0.828	0.862	0.881	1.000	
No. ⑦	ASTM	0.561	0.900	0.813	0.766	0.805	0.572	0.793	0.625	0.739	0.847	0.859	1.000

2.3 耐候性試験

国内大手5社塗料メーカーの協力で、合成樹脂調合ペイント、塩化ゴム系塗料、ウレタン樹脂系塗料、フッ素樹脂系塗料、シリコン変性アクリル樹脂系塗料の5塗料系をそれぞれ3色（赤、青、クリーム）提供してもらい、沖縄暴露場で暴露試験を行った。

このときの、色差の系時変化を図4に示す。

図4 色差の系時変化

