

# 金属の塩害に関する調査研究（第1報）

— 研究計画と大気暴露6ヶ月の結果 —

機械金属室 石原金盛  
比嘉敏勝  
長山純朗

## 1 まえがき

本県は高温多湿の気象条件である上、四面を海に囲まれているため、金属にとっては塩害が大きな問題となっている。とくに台風時には建築物や一般鋼構造物の被害は甚大なものがある。

県内における塩害については、農業の分野では古くからその解決のための研究例も多い。しかし金属の塩害すなわち金属腐食の研究例はあまり多くなく、最近になってようやく活発になりつつある現状である。

ところで、県内製造業における金属塩害の具体的問題はといえば、工場建屋や機械装置はもちろん、原材料や製品のさびの問題であるといえる。この防錆のための保守管理は製品の製造コストにもはねかえることとなり、既存工業の発展を阻害する要因となるほか、新規工業の立地に関してもマイナス要因の一つとなっている。県が第2次産業振興策の一環としてすすめている企業誘致にあたって、企業サイドは塩害を懸念するむきが多いといわれている。

本研究は県内における金属の塩害についてデータを蓄積し、機に応じた防錆対策の資料に資するとともに、企業誘致等の資料としても有効に活用することを目的としている。

国内における年間の腐食損失額はおよそ4兆円にもものぼるとされており、<sup>1)</sup>省資源、省エネルギーの面からも腐食対策、塩害対策は重要な課題とされているが、海に囲まれた沖縄県においてはなおさらであることは言うまでもない。

## 2 研究計画と経過

### 2・1 試験期間

大気暴露試験の期間を3ケ年と定め、表-1に示すような間隔で試験片をとりはずし測定を行う。今回はこのうちの0ヶ月（ブランクデータ）、3ヶ月、6ヶ月の測定結果に基づく報告である。

### 2・2 試験片の種類・設置場所および設置方法

表2～5、図-1～3に試験片の種類その他を示した。これらの試験片は素材、金属被覆、塗装の各試験片とも、県内においてよく利用されるものに重点をおいて作成した。また塗装試験片や金属被覆試験片においては、3ケ年間にわたり、経時変化のデータが得られることを前提

表-1 暴露試験片の取りはずし時期

暴露期間	時 期	試験片の番号
0カ月目	昭和56年7月31日	1、2
3カ月目	昭和56年10月31日	3、4
6カ月目	昭和57年1月31日	5、6
12カ月目	昭和57年7月31日	7、8
24カ月目	昭和58年7月31日	9、10
36カ月目	昭和59年7月31日	11、12

試験片番号例…IAI

番号（1～12）

素材・金属被覆・塗装系（A～Q）

暴露地別（1～6）

に塗膜又は被膜の厚さを考慮した。

試験片の設置場所は、県内の場合那覇市を除けば、将来工業用地として活用される可能性のある地点を重点に、図-1のとおり西海岸側と東海岸側に選定した。また、本土との比較データを得るため、大気暴露試験の専門機関である千葉県銚子市の(財)日本ウエザリングテストセンターの構内にも試験片を設置した。

表-2 暴露試験片設置場所

地域別	試験片設置場所	Location		番号	海までの距離
		北緯	東経		
那覇	沖縄県工業試験場機械金属棟屋上	26°12'	127°42'	1	西へ1.8km
糸満	沖縄県水産試験場漁具倉庫屋上	26°08'	127°40'	2	南へ0.03km
西原	沖縄県企業局南部浄水管理所電気室屋上	26°14'	127°47'	3	東へ1km
読谷	読谷村社会福祉協議会センター屋上	26°24'	127°45'	4	西へ2km
具志川	沖縄県経済連製糖工場食堂屋上	26°20'	127°52'	5	南へ0.15km
銚子	(財)日本ウエザリングセンター構内	26°43'	140°45'	6	南へ4km

表-3 暴露試験片の種類・枚数等

	試験片種別	形状 (mm)	記号	1カ所当りの枚数	暴露地の数	合計
素 材 試 験 片	普通鋼板	100×100×2.3	A	12	6	72
	耐候性鋼板(無)	100×100×2.0	B	12	6	72
	アルミニウム(アルマイト)	100×100×2.0	C	12	6	72
	ステンレス鋼	100×100×2.0	D	12	6	72
金属被覆 試験片	電気亜鉛メッキ (30g/m <sup>2</sup> )	100×100×2.0	E	12	6	72
	溶融亜鉛メッキ (100g/m <sup>2</sup> )	100×100×3.2	F	12	6	72
	亜鉛溶射 (100μ)	100×100×3.2	G	12	6	72
塗 装 試 験 片	カーボタン	150×150×1	H	12	6	72
	粉体塗料(エポキシ)		J	12	6	72
	鉛系さび止め+フタル酸		K	12	6	72
	エポキシジンク+塩ゴム		L	12	6	72
	エポキシ+ポリウレタン		M	12	6	72
	無機ジンク+塩ゴム		N	12	6	72
	ラッカー仕上げ		P	12	6	72
	エポキシ+ポリウレタン+アクリル		Q	12	6	72

表 - 4 試験片素材の規格

試験片種別		規格
素材試験片	普通鋼板	J I S. G. 3101 (SS-41)
	耐候性鋼板 (無)	J I S. G. 3125 (SPAC)
	アルミニウム (アルマイト)	J I S. H. 4000 (A1050P)
	ステンレス鋼	J I S. G. 4305 (SUS-304)
金属被覆試験片	電気亜鉛メッキ (30 g/m <sup>2</sup> )	J I S. G. 3141 (SPCC-SB)
	熔融亜鉛メッキ (100 g/m <sup>2</sup> )	J I S. G. 3101 (SS-41)
	亜鉛溶射 (100 μ)	J I S. G. 3101 (SS-41)
塗装試験片	軟鋼板	J I S. G. 3141 (SPCC-SB)

表 - 5 塗装試験片の塗装系

記号	一層目	二層目	三層目	四層目	五層目	膜厚計	備考
H	エポキシ	ポリエステル				24 μ	市販カラートタン
J	エポキシ (粉体)					100 μ	静電塗装
K	鉛系さび止め	全 左	フタル酸	フタル酸		125 μ	スプレー
L	ジンクリッチ (有機)	塩化ゴム系	塩化ゴム系	(中塗) 塩化ゴム系	(上塗) 塩化ゴム系	145 μ	スプレー
M	ジンクリッチ (有機)	(下) エポキシ	全 左	ポリウレタン	全 左	200 μ	スプレー
N	ジンクリッチ (無機)	(下) 塩化ゴム系	(下) 塩化ゴム系	(中) 塩化ゴム系	(上) 塩化ゴム系	145 μ	スプレー
P	ジंकクロメートプライマー	NCラッカー	全 左			65 μ	スプレー
Q	エポキシ	ポリウレタン	アクリル	全 左		130 μ	スプレー

なお、これらの試験片と暴露台の作成、設置ならびに暴露前のブランデータ測定は (社) 日本鋼橋塗装専門会に委託した。

### 2・3 試験項目および試験方法

#### 2・3・1 素材試験片および金属被覆試験片

- (1) 外観：目視観察を主体に、ステンレス試験片については、Rating Number法 (R・N法) による腐食欠陥の評価も行った。
- (2) 腐食速度：普通鋼板と耐候性鋼板について市販の除錆剤により、除錆を行い、腐食減量を求め腐食速度 (mdd) に換算した。
- (3) 重量測定：上皿直示天秤を用いて10mg単位の重量変化を測定した。

#### 2・3・2 塗装試験片

- (1) 外観：目視により、塗膜のふくれ、われ、はがれを観察するほか、R・N法により試験片の腐食

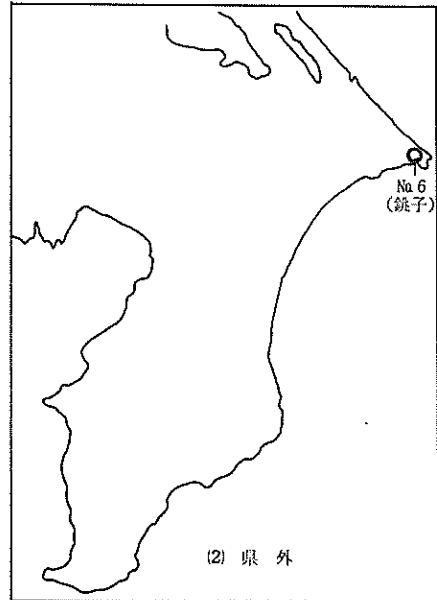
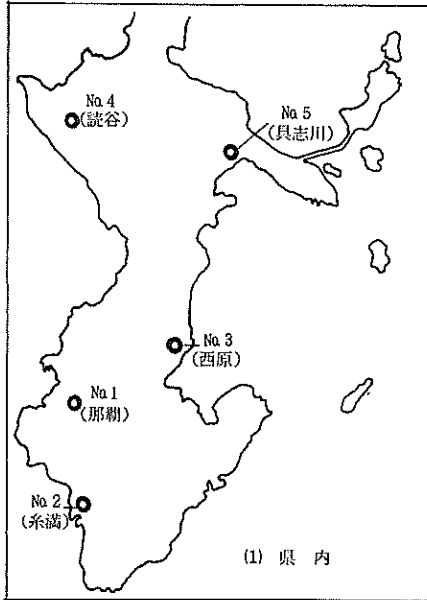


図 - 1 暴露試験片設置場所

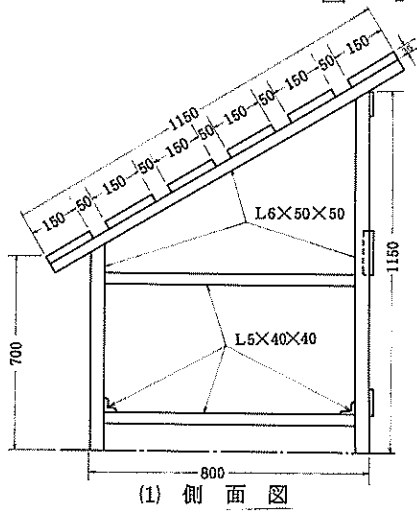


図 - 2 - 1 暴露試験台

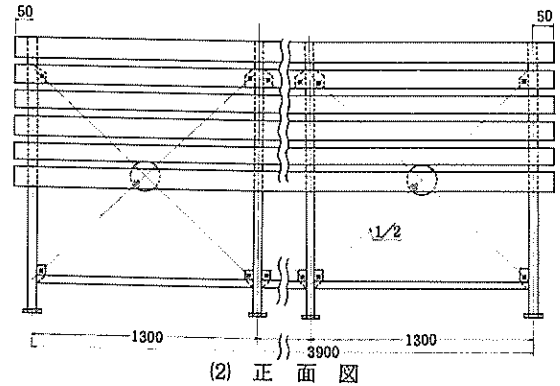


図 - 2 - 2 暴露試験台  
30φ ガイ子 (ビス止め)

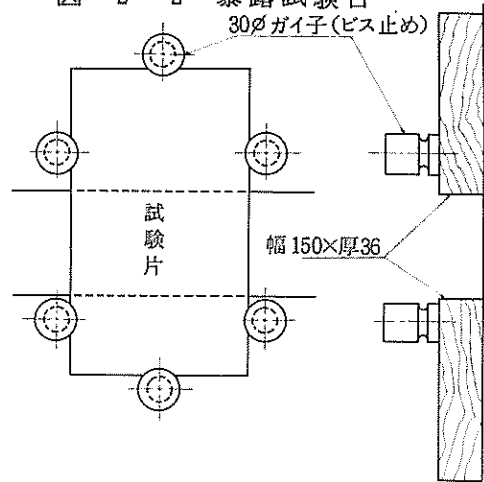


図 - 3 暴露試験台への試験片取付け図

欠陥評価を行った。

(2) 光沢度：光沢度計（日本電色工業 VD - 10 型）を用いて JIS Z 8741 により、試験前後の 60° 鏡面光沢度を測定し、試験前後の光沢度から光沢残存率を求めた。

(3) 色差：測色々差計（日本電色工業社製 ND - 504 DE 型）を用いて、JIS Z 8730 (色差表示方法) の  $L^*a^*b^*$  を求めた。

(4) インピーダンス：キャパクタンスメーター

(アイユウ電機社製ACM-03型)を用いて、抵抗成分と容量成分を求めた。測定方法は10×10cmのアルミニウム箔の片面にCMCで糊状にした3%食塩水を塗付し、塗膜面に貼り付け約2時間置いたのち、アルミ箔と素材鉄面とを極として、キャパシタンスメーターにより測定した。

(5) ゴバン目試験：カッターを用いて素地に達するゴバンを5mm間隔で9コつくり、セロハンテープではがして、表-6の評価基準により評価した。

表-6 ゴバン目試験結果の評価基準

評価	状	態
A	ゴバン目塗膜の剥落総面積が約30%以上	
B	〃	約5~30%
C	〃	約5%以下

(6) エリクセン試験：JIS Z 2247によった。

(7) Pull off試験：塗料付着力の経時変化をみるため、直径13φ×長さ150φの治具をつくり、試験片塗装面と治具をエポキシ系強力接着剤を用いて接着し、24時間後に島津オートグラフを用いて、引張試験を行い、素材と塗料の付着力を試験した。

2・3・3 環境因子の測定

JIS Z 2381の参考3、ガーゼ捕集法により捕集した海塩粒子を硝酸銀により滴定し、mg NaCl/day/dm<sup>2</sup> (mdd) として表わした。

その他の気象因子は気象台の測定データを活用した。

### 3 大気暴露試験(6ヶ月)の結果と考察

#### 3・1 素材試験片の劣化について

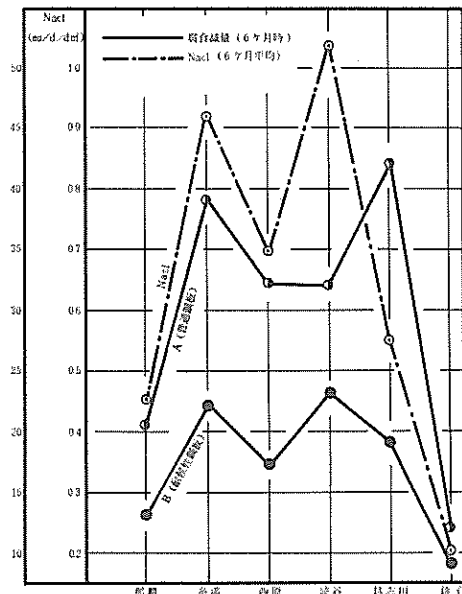
普通鋼板の錆発生度は海に近い具志川、糸満が大きく、読谷、西原、那覇、銚子の順に小さくなる。銚子での試験片は外観でも県内各地区の試験片とは明らかに区別できる程さび発生量が少ない。

これは図-4からわかるように、概ね、海塩粒子量と対応しているといえるが、具志川、読谷両地点での関係が逆になっており、今後の経過を見る必要がある。

耐候性鋼板は海塩粒子量と対応した腐食の傾向を示している。これら県内各地区の普通鋼板と耐候性鋼板との腐食速度(mdd)を平均値で見るとおよそ33:19で耐候性鋼板は小さい。また県内と本土との比較をみるため、海からの距離を考慮して県内は那覇と読谷との平均値をとり、これを銚子と比較すると、普通鋼で26:12、耐候性鋼で19:9で、県内の方がはるかに腐食速度が早いことがわかる。

アルマイト試験片は6ヶ月間暴露ではいずれの地区においても異常は認められない。しかし、ステンレス試験片は意外に腐食が早く、場所によっては3ヶ月の時点から明らかにさび発生がみられる。6ヶ月時点でのさび発生程度を地区

別にみると、読谷>西原>糸満>具志川>那覇>銚子の順となり、海に近い糸満や具志川より、読谷、西原の方が大きいと観察される。しかし、定量的なさび量は今後の調査に待つ必要がある。



(注) 銚子の海塩粒子量は(財)日本ウエザリングテストセンターの測定データによる)

図-4 地域別海塩粒子量と腐食減量

### 3・2 金属被覆試験片の劣化について

金属被覆試験片として、電気亜鉛メッキ、溶融亜鉛メッキ、亜鉛溶射の3種について暴露試験を行った。これらの試験片は6ヶ月の時点ではさび発生は認められないが、メッキ面の変化としては①メッキの金属光沢がなくなる ②メッキの剥落がみられる ③白さびがみられる ④メッキ面の色変化がある等である。

最も著しい変化は電気亜鉛メッキで、はじめ黄金色に近い金属光沢のクロメート処理試験片が、県内地区においては、光沢がなくなり、メッキも剥落しはじめて、色がさめていく方の変化に対し、銹子では3ヶ月の時点から黒斑状の模様を呈し、光沢はないが色が濃くなる方への変化を示していることである。メッキ面の変化としてみる限りでは、県内地区より銹子の方が大きいとみられるが、この変化が耐食性にとってマイナスの変化であるかどうかは今後の経過をみなければ判然としない。

いずれにしても、この黒斑模様は何に原因しているか興味ある問題であり、メッキ表面の成分分析を行いながら検討していく必要がある。

溶融亜鉛メッキおよび溶射亜鉛についても色のさめ方は県内が大きい。6ヶ月時点での表面の劣化程度は、糸満>西原>読谷>具志川>那覇>銹子の順である。

### 3・3 塗装試験片の劣化について

#### 3・3・1 外観で見る塗装面の劣化

塗装試験片の6ヶ月時点での腐食欠陥をRN

表-7 外観による塗装試験片の劣化順位

試験片		H	J	K	L	M	N	P	Q
地区									
那覇	覇	1	1	1	2	1	2	1	2
糸満	満	1	3	2	1	3	2	2	3
西原	原	1	2	1	2	2	1	1	2
読谷	谷	3	3	4	3	4	1	2	3
具志川	川	1	1	1	2	1	2	1	1
銹子	子	2	1	2	2	2	2	2	2
合計		9	11	11	12	13	10	9	13
総合		1	3	3	4	5	2	1	5
予想		1	4	2	3	5	3	1	5

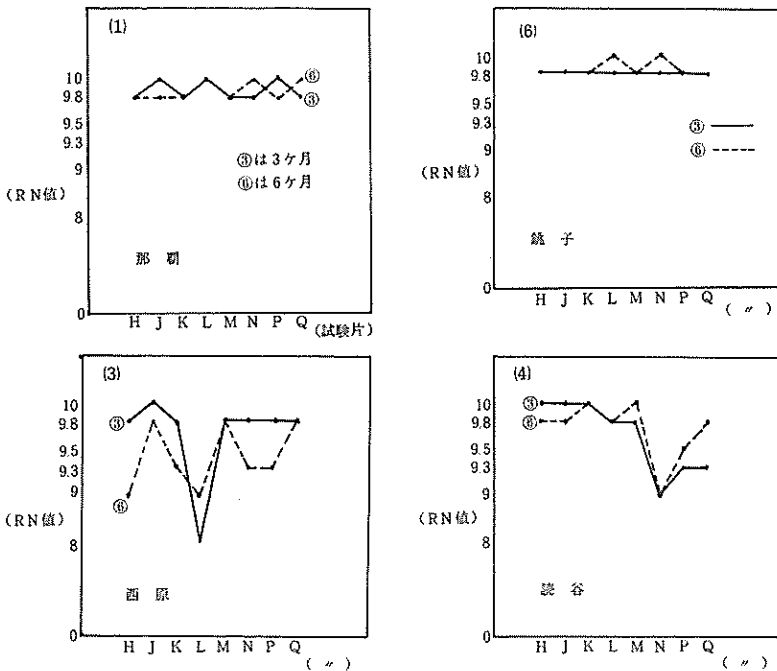


図-5 外観観察によるRN値

法により評価し、その結果を欠陥の大きい方から順に番号を付したのが表-7である。順位をつけ難いのは同一順位とした。これによると暴露前に試験片の膜厚や塗装系の性質を考慮して予想した結果とは、総体的にあまり大きなちがいはみられないが、地区別にみると、那覇のM、読谷のH、銚子のJなどはやゝ意外な結果となっており、今後の経過に注目する必要がある。

### 3・3・2 塗膜光沢度の変化

今回作成した試験片はいずれも白色で色相の変化はないが、上塗塗料の性質によって光沢度は大きくちがっている。暴露試験による光沢度の変化を図-6に示したが、これによると、アクリル(Q)、ポリウレタン(M)、ポリエステル(H)の3試料は、光沢残存率が大きく、耐候性の良いことを示している。

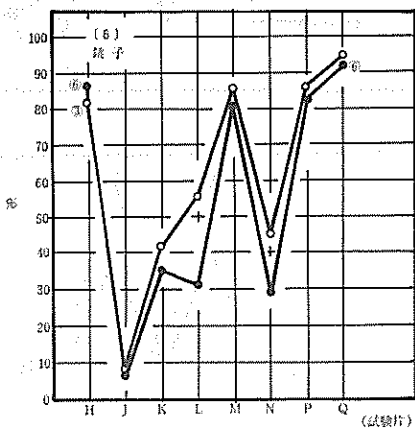
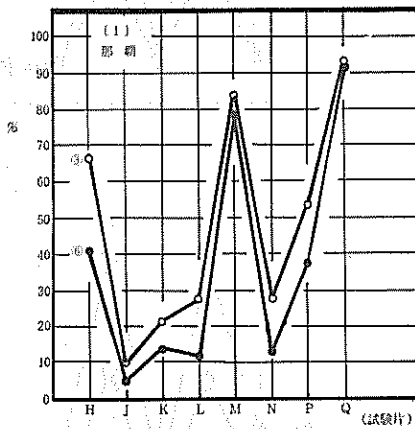


図-6 那覇と銚子における塗装試験片の残存光沢率

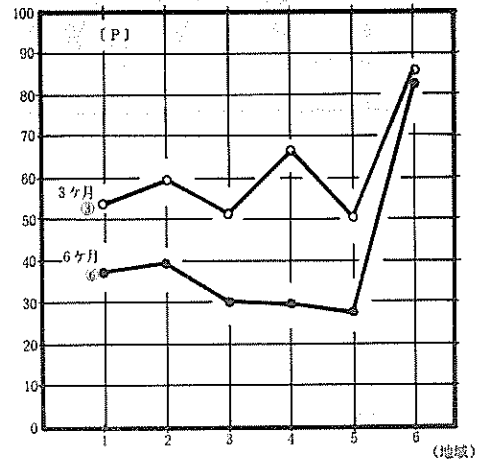
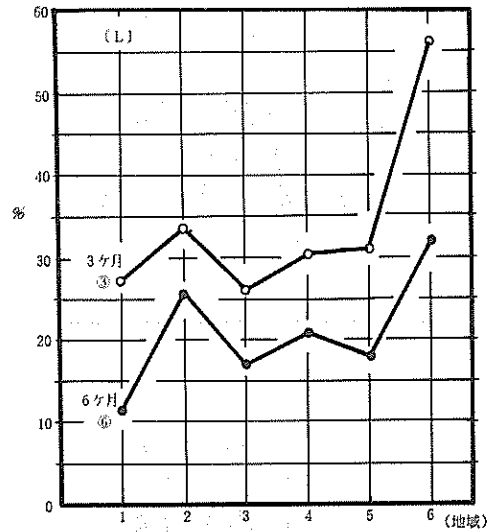
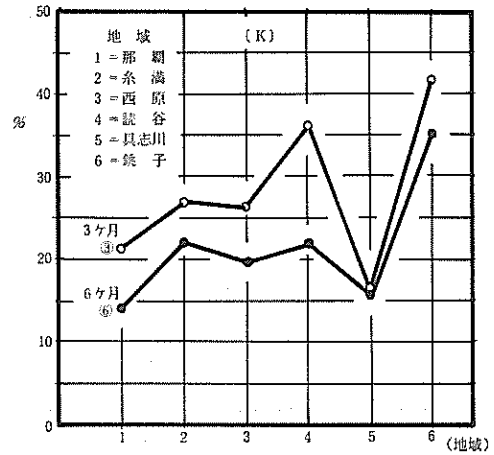


図-7 地区別残存光沢率

また、これを地区別にみると、上記3試料についてはあまり大きな変化はないものの、フタル酸(K)、塩化ゴム(L)、NCラッカー(P)などは、県内と銚子とで大きな差がみられ、県内での自然環境のきびしさを示している(図-7)。

### 3・3・3 塗膜明度の変化

色差は、色をL a b表色系により三次元の空間に位置させた時、それぞれの色の座標点を直線で結んだときの距離の長さで表わされる。色差の値と視覚による感覚的な表現との関係は、表-8のとおりである。

表-8 色差の感覚的表現

色差(NBC単位)	色差の感覚的表現	
0 ~ 0.5	かすかに	trace
0.5 ~ 1.5	わずかに	slight
1.5 ~ 3.0	目立つ	noticeable
3.0 ~ 6.0	感知する程	appreciable
6.0 ~ 12.0	大いに	much
12.0以上	非常に	very much

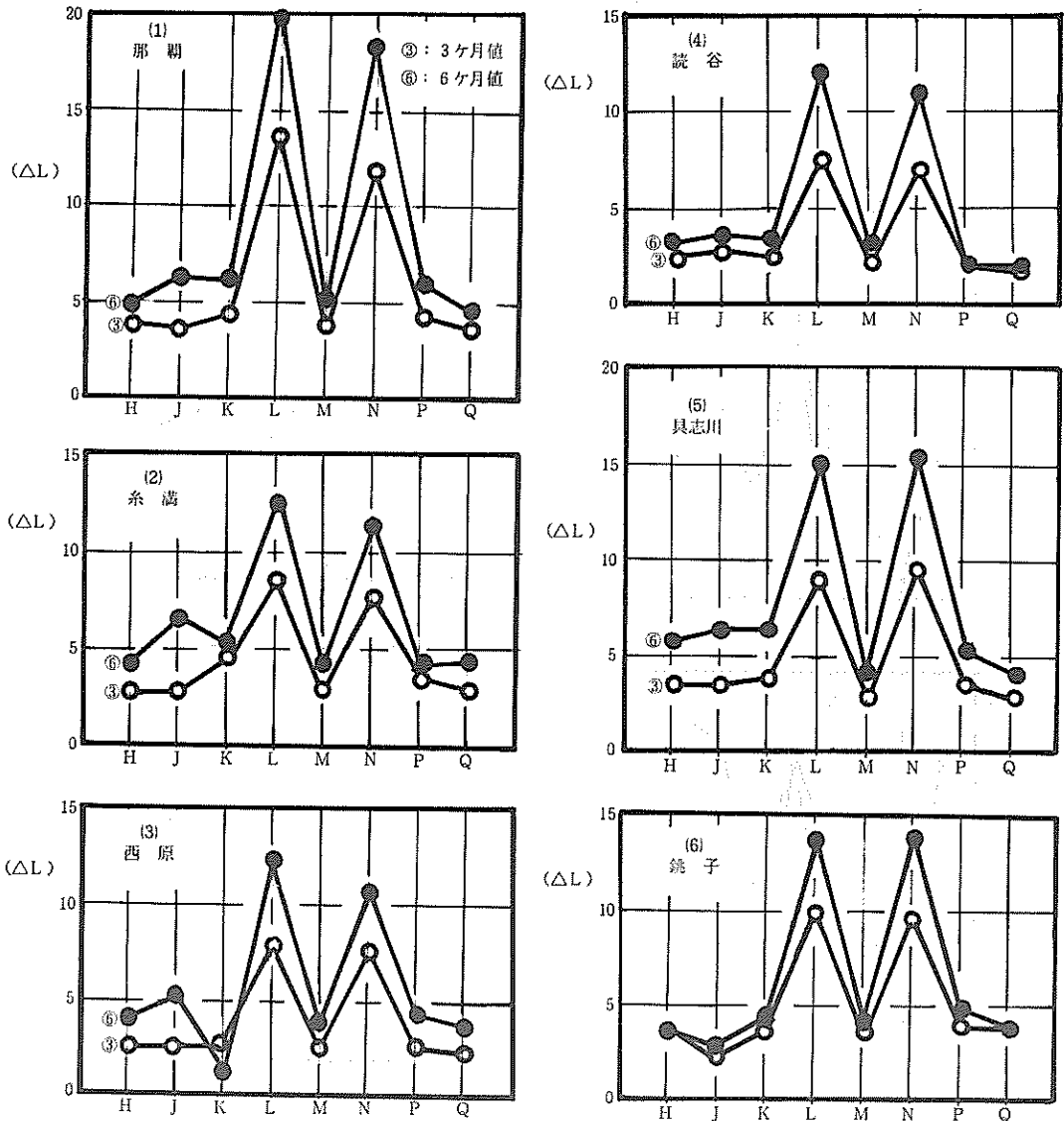


図-8 地域別・試験片別明度差



しかし、ここで用いた試験片は白色に統一したため、色差を見るのではなく、明るさの差（明度差  $\Delta L$ ）を見ることとした(図-8)。光沢度の変化が少ないH、M、Qの3試料は明度の差も少ないが、塩化ゴム(L、N)は表面によごれが付着しやすく、明度の差も大きい。

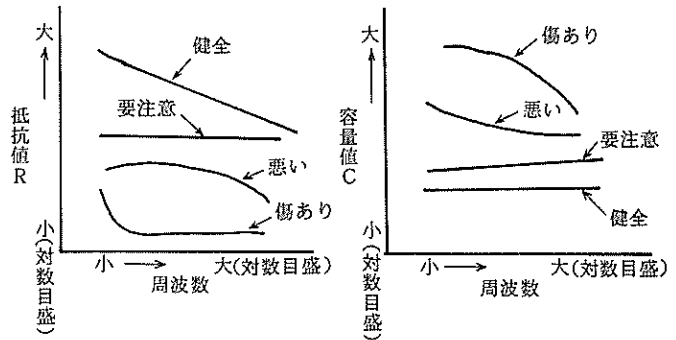


図-9 周波数特性

3・3・4 塗膜電気抵抗の変化

一般に健全な塗膜は大きな電気抵抗を有しているが、欠陥を生じると、抵抗が減少してくる。

ここでは、携帯型簡易容量計（キャパシタンスメーター、アイコウ電機社製ACM-03型）を用いて、インピーダンスの二成分である抵抗成分と容量成分を測定した。これら二成分の周波数特性は図-9のとおりで、塗膜劣化度の推定に利用されている。外観検査により腐食欠陥の比較的大きかったNCラッカー(P)、カレートタン(H)、塩化ゴム(N)、フタル酸のうち、PとNについての測定結果を図-10に示した。図-9の判断基準に基づき、塗膜の劣化度を判定すると、塩化ゴム(N)試験片の方は塗膜に欠陥があるようには見られない。しかし、実際にはさびが発生しているのであるから、インピーダンスによる塗膜判断は今後検討していく必要がある。

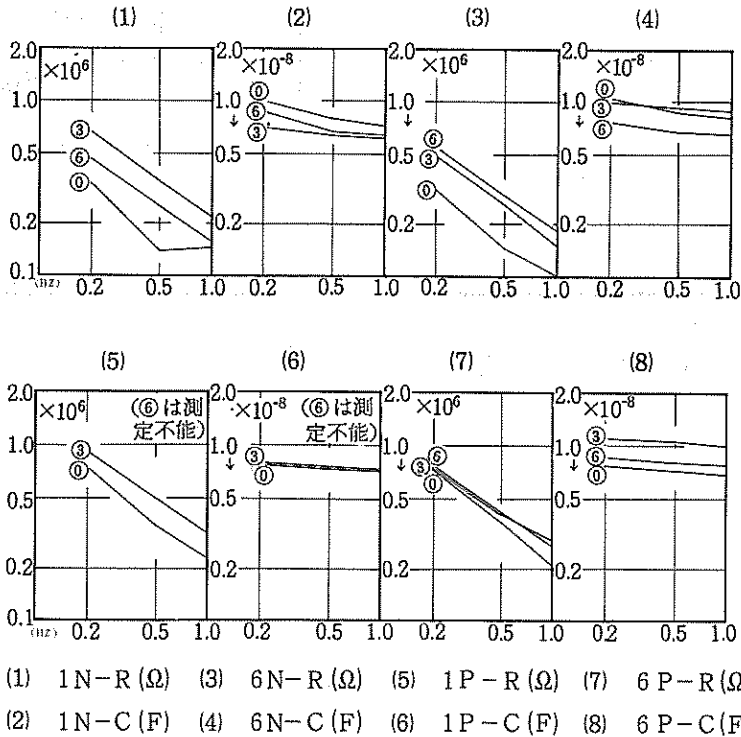


図-10 試験片の周波数特性

なお、測定周波数 1 KHz における各塗装系の平均抵抗値を表-9に示した。同表および図-10で3ヶ月値や6ヶ月値がブランク値より大きくなっているがその理由については検討中である。

表-9 塗装系別平均抵抗値 (Ω)

塗装系	平均抵抗値 (1 KHz)		備 考
	0 ヶ月	6 ヶ月	
H	$0.15 \times 10^5$	$0.81 \times 10^4$	カラートタン 24 μ
J	$0.73 \times 10^6$	$0.34 \times 10^7$	エポキシ粉体塗料 100 μ
K	$0.12 \times 10^6$	$0.18 \times 10^6$	鉛系さび止め+フタル酸 125 μ
L	$0.10 \times 10^6$	$0.13 \times 10^5$	エポキシジンクリッチ+塩化ゴム 145 μ
M	$0.52 \times 10^6$	$0.10 \times 10^7$	エポキシ+ポリウレタン 200 μ
N	$0.11 \times 10^6$	$0.16 \times 10^6$	無機ジンクリッチ+塩化ゴム 145 μ
P	$0.21 \times 10^6$	$0.26 \times 10^6$	ラッカー仕上げ 65 μ
Q	$0.45 \times 10^6$	$0.79 \times 10^6$	エポキシ+ポリウレタン+アクリル 130 μ

### 3・3・5 塗膜付着力の変化

密着力の弱い塗料はゴバン目試験による剥離面積が多くなる。ブランクテストの時点から多少塗料による差はみられており、ポリエステル(カラートタンH)、ポリウレタン(M)、アクリル(Q)は剥離し難く、フタル酸(K)、塩化ゴム(L、N)、NCラッカー(P)などは比較的剥離しやすい。しかし、現時点ではB評価(5~30%剥離)はみられない。

また付着力の経時変化をみるために行った Pull off 試験結果は、現時点では明らかな変化

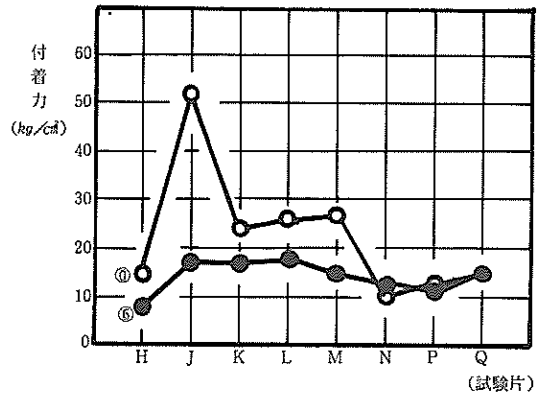


図-11 Pull off 値の経時変化

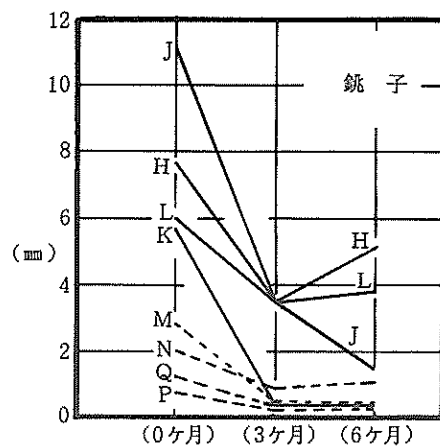
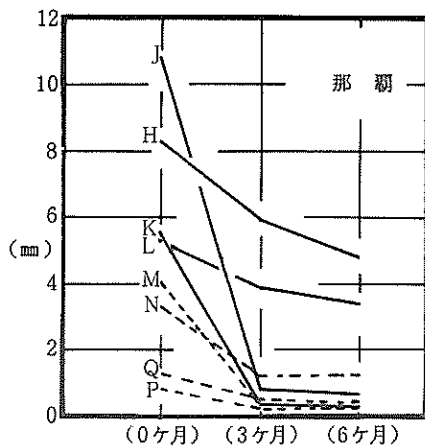


図-12 那覇および銚子におけるエリクセン値の変化

は認められないが、付着力の強弱は図-11のとおりで、エポキシ樹脂（J）が最大であるのに対し、アクリル（Q）は比較的弱い付着力を示している。

### 3・3・6 塗膜延展性の変化

エリクセン試験は塗膜の延展性をみるための試験である。図-12からわかるように、塗装の種類によって、初期エリクセン値にかなりの違いが見られるほか、経時変化も一様でないことがわかる。

那覇と銚子における経時変化の様子を見ると、エポキシ粉体塗料（J）の場合、那覇地区においては3ヶ月時点で急速にエリクセン値が落ちこむのに対し、銚子ではその度合いは少いのが目立った現象である。その他の塗料については、地域による差は殆んどみられない。

## 4 総括

金属の腐食に関する気象因子および環境因子として、気温・湿度・降水量・海塩粒子・亜硫酸ガスなどがあげられているが、これら因子の関与の程度についてはいろいろな報文がある。<sup>4~16)</sup>

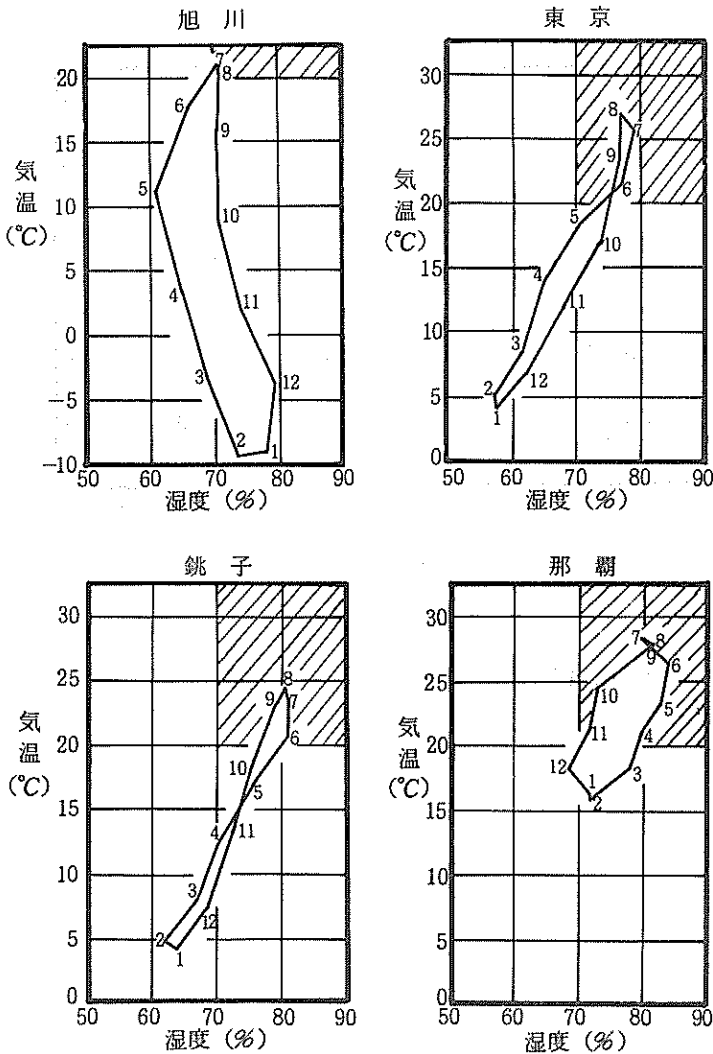


図-13-1 国内のクライモグラフ

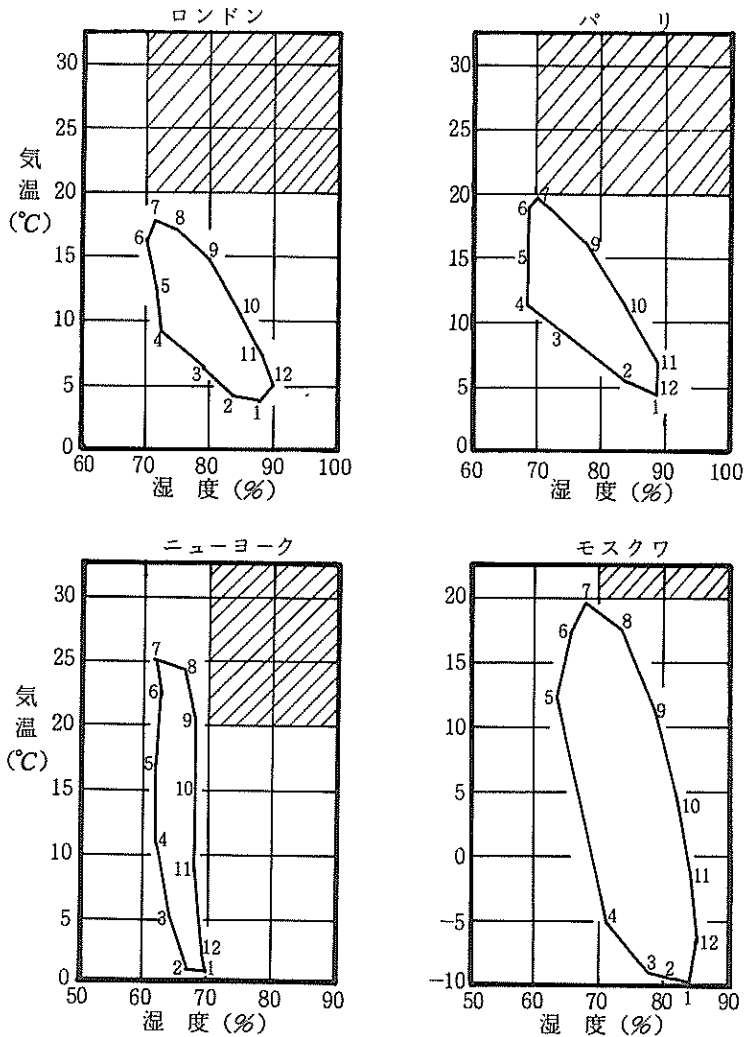


図-13-2 世界のクライモグラフ

図-13に国内および世界のクライモグラフを示した。図において、気温20℃以上、湿度70%以上となる月数の多い地域程、腐食環境がきびしいとされており、那覇地区は世界的にみてもきびしい環境にあることがわかる(図は那覇、銚子を除いて金生尚和「溶融亜鉛めっき追跡調査」より引用)。

気温と湿度をファクターとして腐食度を推定する方法にブルックの式がある。

$$A = \frac{H - 65}{10} \times (1.054)^t$$

A : 腐食度  
H : 湿度 (%)  
t : 気温 (°C)

この式にもとづく腐食度の計算結果を表-10に示した。これによると、那覇は東京の約5倍、銚子の約1.5倍と腐食度が大きいことが推定される。これを腐食速度の実測値(mdd)とくらべると、普通鋼および耐候性鋼とも、那覇は銚子の2倍を越えており、推定値よりも大きい。

県内においては気温、湿度のほかには海塩粒子が金属腐食の要因として注目されることは、図-4

に示したとおりであるが、この海塩粒子量は渡久山等によれば、台風時は通常時の百倍以上になることもあるとされており<sup>8)</sup>、年間に数回台風接近のある沖縄県内においては、塩害がいかに甚大なものであるか推測できよう。塗装試験片についても、海塩粒子量の大きい地区ほどさびの発生が大となる傾向を示している。

いずれにしても、県内においては、高温・多湿・高塩分という環境条件が、金属腐食の大きな原因と考えられるので、今後とも本土との比較をしながら研究を継続する必要がある。

表-10 ブルックの式による腐食度の推定

地区別	気 温	湿 度	腐食度計算値 (A)
旭 川	5.9	78	1.77 (2.68)
東 京	15.0	68	0.66 (1.00)
銚 子	13.1	76	2.19 (3.32)
那 覇	22.3	75	3.23 (4.89)

## 5 あとがき

沖縄県内における金属腐食の問題は最近各方面から関心がよせられるようになってきた。大気中での金属腐食については、沖縄開発庁や日本道路公団等による鋼橋の腐食防食に関する研究があるほか、通産省工業技術院による委託研究「耐久製品の耐候性の標準化に関する研究」や建設省土木研究所等による「防食材料の促進劣化に関する研究」等があり、その成果が期待されている。

本報告は三ヶ年計画の初年度分として、6ヶ月までの暴露試験結果をとりまとめたものであり、短期間のため結論的な報告には至っていないが、今後の試験を継続することにより、ひきつづき報告していきたい。

本研究をすすめるにあたっては(社)日本鋼橋塗装専門会の吉田真一理事ならびに科学技術庁金属材料技術研究所の福島敏郎博士に多大なご指導をいただきました。記して、深甚なる謝意を表します。また琉球大学短大部学生安里克也君には研究助手として、データの測定やまとめ作業に多くの手をわずらわせました。併せて深く謝意を表します。

## 参考文献

- (1) (社)日本防錆技術協会ほか：わが国における腐食損失調査報告書 昭52
- (2) 須賀長市：変退色と色相・明度・彩度、染色工業、vol 28、No 4、1980
- (3) 吉田真一：塗装技術者のための鋼橋塗装の知識、山海堂
- (4) 中村 素：各種金属材料および防錆被覆の大気腐食に関する研究(第1報)(その1)研究計画と経過、防食技術12、55(1963)
- (5) 堀川一男ほか3名：全上、(その2)金属素材類の暴露一カ年の結果、防食技術12、62(1963)
- (6) 尾間一彦ほか3名：全上(その3)金属被覆類暴露1カ年の結果、防食技術12、68(1963)
- (7) 大谷信吉ほか3名：全上(その4)有機被覆類暴露1カ年の結果、防食技術12、74(1963)

- (8) 神山恵三：全上（その5）気象条件よりみた金属材料および防錆被覆の腐食、防食技術 12、91（1963）
- (9) 堀川一男ほか4名：全上（第2報）追加暴露試験結果および季候差による暴露試験結果、防食技術 13、525（1964）
- (10) 尾間一彦ほか3名：全上（第3報）金属被覆類暴露3カ年の結果、防食技術 14、103（1965）
- (11) 大谷信吉ほか3名：全上（第4報）有機被覆類暴露2ケ年の結果、防食技術 14、440（1965）
- (12) 堀川一男ほか3名：全上（第5報）金属素材類暴露5カ年の結果、防食技術 16、153（1967）
- (13) 中村素ほか3名：全上（第6報）金属被覆類暴露5カ年の結果、防食技術 16、467（1967）
- (14) 大谷信吉ほか4名：全上（第7報）有機被覆類暴露5カ年の結果、防食技術 16、475（1967）
- (15) 細谷将彦：沖縄本島における金属の大気腐食因子、琉球大学理学部紀要 28号、51（1979）
- (16) 中村元治ほか4名：耐候性鋼の腐食量予測モデルの開発、金属表面技術、vol 33、No 2、1982
- (17) 東盛良夫：沖縄本島南部の碍子の汚損実態、琉球大学工学部紀要、第20号、1980
- (18) 渡久山章ほか1名：沖縄本島における雨と Dry Fallout の化学的研究、琉球大学工学部紀要（理学篇）第15号、1978
- (19) 比嘉敏勝：金属塗装の耐候性に関する研究（第1報）沖工試業務報告第7号、1980
- (20) 福島敏郎：自然環境で使用される金属材料の防食技術、日本機械学会誌第79巻第696号
- (21) 幸喜善福：海岸保全的見地からの沖縄の飛塩に関する研究、琉球大学農学部学術報告、第25号 1978
- (22) （社）日本鋼橋塗装専門会：沖縄地区鋼片腐食度および防錆調査報告書（沖縄開発庁委託業務報告書）1982
- (23) （財）日本ウエザリングテストセンター：耐久製品の耐候性の標準化に関する調査研究成果報告書（工業技術院委託業務報告書）昭和57年
- (24) （財）土木研究センター：防食材料の促進劣化に関する研究報告書、昭和55年
- (25) 具志幸昌ほか2名：沖縄の鉄筋コンクリート構造物の耐久性、琉球大学理工学部紀要（工学篇）第14号、1977年
- (26) 多和田源康ほか2名：沖縄本島の鋼橋塗膜の実態調査、鋼橋塗装 vol 6、No 4 1978
- (27) 杉本恭一：許田高架橋塗装塗替えについて、鋼橋塗装 vol 6、No 2、1978年

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターにご連絡ください。