

# 沖縄県における金属素材および防錆被覆材の耐食性に関する研究（その4）

## ——大気暴露試験2か年の結果——

機械金属室 石原金盛・長山純朗・國吉和男・比嘉眞嗣・比嘉敏勝

### 1. はじめに

鋼構造物等の施設の防食には、防錆塗装、めっき・溶射、防錆包装および電気防食等の防錆防食法が用いられる。本県における大気中の防錆防食方法としては、塗装、めっきが一般的であるが溶射による防食も有効な方法として注目されつつある。

本研究は県内における電力施設等の防錆技術向上に資することを目的として、金属素材を含めて塗装、めっき、溶射の各種試験片について、その耐食性を評価するために、平成元年から着手した研究であり、今回は暴露2か年時の結果についての報告である。

### 2. 実験方法

本研究における試験片暴露の方法はJIS K 5400、塗料一般試験法、耐候性試験に準拠しており、暴露面の角度を緯度マイナス5度とし各試験片特性値の経時変化および地域変化を測定している。測定項目は外観観察、重量変化、光沢度、インピーダンス、付着力、ゴバン目試験、腐食減量、大気中海塩粒子、その他の気象因子であるが、今回は主として素材試験片の腐食減量と海塩粒子量および気象因子の関係についての報告としたので、関連項目の測定方法について述べることにする。その他の測定項目については文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

#### 2. 1 腐食減量

腐食試験片の除錆方法には各種の方法がある。特に長時間の暴露によって、孔食的に食い込んだ錆は容易に除去出来ないので、除錆法の選択は重要である。

本研究では塩酸系の除錆剤を用いるラスパーM7法とクエン酸法とを比較した結果、殆ど差が見られなかったため、作業性のよいラスパーM7法を採用している。除錆手順は次のとおりである。  
①ワイヤーブラシにより浮き錆と固着錆をこすり落とす。②塩酸系除錆剤ラスパーM7に浸漬し目視により除錆終点を決める。③水洗後メタノールに浸漬 ④乾燥・冷却後秤量する。また、腐食減量から求める腐食度は次式により計算した。

$$\text{腐食度 (mdd)} = [\text{初期重量} - \text{除錆後重量}] / \text{試験片表面積} / \text{暴露日数}$$

#### 2. 2 大気中海塩粒子量

海塩粒子の捕集方法には確定的なものがないが、本研究ではガーゼ法を採用している。これはJIS Z 2381の参考3に規定された方法に準じているが、百葉箱を省略して次のようにした。木わく(10×10cm)に洗って乾燥したガーゼを2枚重ねにして張り、アングル鋼材とベニヤ板で作った屋根の下に吊して(オープンガーゼ法と呼称)雨に濡れるのを防いだ。

このようにして捕集したガーゼから塩分を加熱溶解して抽出し、硝酸銀溶液で滴定して海塩粒子量を求めた。

### 2. 3 気象因子

主として関連気象台のデータを活用したが、必要に応じて独自の測定データも使用しているのものでその都度説明することとする。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 大気暴露2か年時における各試験片の変化

ステンレスは、外観、重量及び光沢度の変化で評価を行っている。現時点では重量、光沢度ではあまり大きな変化は見られないが、外観では、SUS304、444とも赤錆発生が観察され、その程度を地域別で見ると、石垣>宮古>沖縄本島>銚子の順で、南になる程錆発生量が多くなる南高北低傾向を示している。

めっき・溶射試験片のうち、電気亜鉛めっき(30g/㎡)は石垣、宮古において赤錆が発生しているほか、表面につけた5mm切傷巾も10~30mmと拡大して、他の試験片とは差のあることが明瞭になっている。その他のめっき・溶射試験片では、切傷巾5mmが傷の両側からの白錆により、縮まる傾向の変化を示している。

塗装試験片はインピーダンスが初期値に較べて電気抵抗が僅かに減少していく傾向にあるが、静電容量値は殆ど変化がなく、現在のところ、異常は認められない。また、付着力試験結果では殆どの塗装系が2N/㎡以上をしめして問題はないが、初期値に較べて低下する傾向にある。本試験片の現時点での劣化順位は、外観その他からみてフタル酸樹脂(P)>塩化ゴム(Q)>ポリウレタン(R)>ふっ素樹脂(S)=ふっ樹脂(T)=ふっ素樹脂(U)である。

### 3. 2 素材試験片の腐食減量

金属素材試験片とした5種類の試験片は暴露24か月時で、いずれも大きな腐食劣化を示している。表1に各暴露地における素材試験片の腐食度(mdd)を示した。表から試験片別腐食度は冷間圧延鋼板>普通鋼板>溶接構造用鋼板>耐候性鋼板>ダクタイル鋳鉄の順であることがわかる。これらの腐食度を普通鋼板を基準として比較すると表1中に示したとおりである。すなわち、暴露24か月時の場合、普通鋼板に較べて冷間圧延鋼板は1.4倍、耐鋼性鋼板は0.8倍、溶接構造用鋼板は0.9倍、ダクタイル鋳鉄は0.8倍の腐食速度であることが分かる。

また地域差を各鋼種腐食量の合計値で比

表1 素材試験片の腐食速度測定結果

① 鋼種間の腐食度を偏差値で示したとき。 単位 mdd

	石垣	宮古	那覇	石川	本部	銚子	合計	比較値
A	47.67	50.53	59.69	49.34	49.76	47.98	304.97	1.00
B	74.66	72.95	68.32	74.23	74.02	74.52	438.70	1.44
C	42.20	41.31	37.33	41.26	41.09	41.16	244.35	0.80
D	43.51	48.49	48.41	44.51	45.26	44.67	274.85	0.90
E	41.97	36.72	36.25	40.66	39.87	41.68	237.15	0.78

② 地域間の腐食度を偏差値で示したとき。

	石垣	宮古	那覇	石川	本部	銚子	試料名
A	77.58	46.92	42.82	44.54	46.89	41.25	A 普通鋼板 B 冷間圧延鋼板 C 耐候性鋼板 D 溶接用鋼板 E 球状黒鉛鋳鉄
B	77.62	44.11	40.71	45.37	46.99	45.20	
C	74.63	57.09	43.26	44.69	42.79	37.54	
D	75.00	56.19	41.87	42.64	46.08	38.22	
E	77.04	50.13	45.14	45.79	40.14	41.77	
合計値	381.87	254.44	213.80	223.03	222.89	203.98	
比較値	1.87	1.25	1.05	1.09	1.09	1.00	

較すると、石垣、宮古、石川、本部、那覇、銑子の順で、銑子が県内地区に較べて小さな値を示している。

鋼種別、地域別の腐食量の経時変化を図1に示した。那覇と銑子との比較を24か月時点で鋼種別に見ると、冷間圧延鋼板では銑子がかなり大きいものの、その他の鋼種では那覇が依然として銑子より大きい。しかし、両者間の差は小さくなってきており、暴露3か年時迄には那覇と銑子の腐食度は冷間圧延鋼板以外でも逆転することが予測される。

また、県内各地の腐食度の平均は銑子に比べて約1.3倍である。暴露期間が6か月以上であれば、腐食速度は時間経過によって減少するのが一般的であり、A~Eまでの鋼種のうち、そのほとんどがその傾向にある。しかし、冷間圧延鋼板は24か月時でも腐食速度が大きくなっており、戸外使用に向かない鋼種であることを示している。この試験片は外観観察の結果でも裏面からの腐食が甚だしく、石垣島での試験片は裏面からのふくれ錆が、劣化したベニヤ合板が真二つに割けるように剥がれる現象がみられ、除錆後の試験片は厚さが半減し、蜂の巣状の孔あきが見られた。

### 3. 3 各暴露地における環境因子の特徴および腐食量との関係

暴露場を県内5か所、県外1か所の計6か所としたのは環境差による耐食性の差を見ることが目的である。従って環境因子の測定が必要であり、塩分量等の測定と気象台のデータを活用して環境の特性を把握することに努めている。また、今回は台湾との防錆技術交流によって得られた資料を活用して、沖縄と台湾の腐食環境を比較することも試みた。

#### 3. 3. 1 大気中海塩粒子量と腐食速度

大気中海塩粒子量の測定結果を表2に示した。測定結果を地区別平均で見ると、多い方から、石垣>那覇>石川>宮古>本部>銑子の順である。測定地点である暴露場の所在地を海岸から近い順で見ると宮古、本部、石垣、石川、那覇、銑子であるが、測定結果はこの順序とはかなり異なっ

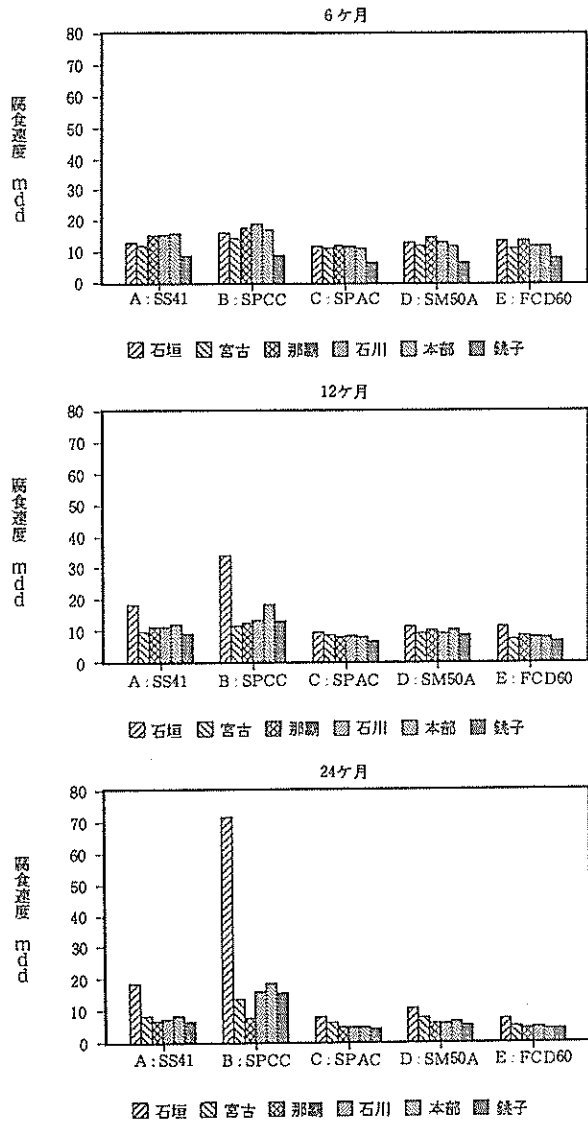


図1 各地における試験片の腐食度変化

ており、地域特性の他に暴露場周辺の局地特性も加味されているようである。なお、銹子暴露場については（財）日本ウエザリングテストセンターの測定データを活用した。

表2 大気中海塩粒子量測定結果

期間：平成2年10月～平成4年9月

単位：mdd

採取月		石垣(1)	宮古(2)	那覇(3)	石川(4)	本部(5)	銹子(6)
10月	1年目(H2)	0.357	0.258	0.217	0.265	0.282	0.297
	2年目(H3)	1.939	0.432	0.559	0.626	0.328	0.070
	平均	1.135	0.346	0.380	0.437	0.303	0.184
11月	1年目(H2)	0.491	0.408	0.534	0.491	0.483	1.316
	2年目(H3)	1.043	0.431	0.454	0.648	0.268	0.319
	平均	0.762	0.419	0.495	0.568	0.377	0.818
12月	1年目(H2)	0.346	0.206	0.317	0.224	0.225	0.250
	2年目(H3)	0.402	0.290	0.360	0.180	0.417	0.089
	平均	0.374	0.244	0.339	0.202	0.314	0.170
1月	1年目(H3)	0.785	0.480	0.177	0.197	0.295	0.178
	2年目(H4)	1.591	0.618	0.544	0.616	0.992	0.467
	平均	1.211	0.557	0.361	0.419	0.713	0.323
2月	1年目(H3)	0.643	0.388	0.194	0.239	0.190	0.351
	2年目(H4)	0.423	0.382	0.577	0.429	0.528	0.180
	平均	0.529	0.385	0.385	0.334	0.359	0.266
3月	1年目(H3)	0.425	0.339	0.372	0.492	0.290	0.413
	2年目(H4)	0.430	0.298	0.294	0.186	0.439	0.193
	平均	0.427	0.318	0.333	0.339	0.365	0.303
4月	1年目(H3)	0.246	0.192	0.254	0.154	0.154	0.317
	2年目(H4)	0.462	0.323	0.318	0.167	0.677	0.325
	平均	0.352	0.258	0.286	0.160	0.411	0.321
5月	1年目(H3)	0.469	0.387	0.493	0.239	0.154	0.293
	2年目(H4)	0.462	0.194	0.209	0.090	0.130	0.420
	平均	0.465	0.290	0.346	0.162	0.142	0.357
6月	1年目(H3)	0.486	0.423	0.298	1.005	0.233	0.288
	2年目(H4)	1.008	—	0.916	0.422	0.406	0.615
	平均	0.756	0.423	0.596	0.723	0.316	0.452
7月	1年目(H3)	0.804	0.559	0.624	0.540	0.484	0.140
	2年目(H4)	0.567	0.603	0.420	0.285	0.272	0.120
	平均	0.682	0.581	0.519	0.407	0.373	0.130
8月	1年目(H3)	0.418	0.335	0.532	0.893	0.496	0.100
	2年目(H4)	0.676	0.380	0.573	0.486	0.717	0.029
	平均	0.539	0.357	0.552	0.703	0.599	0.065
9月	1年目(H3)	0.762	0.331	0.502	0.287	0.438	0.164
	2年目(H4)	1.424	0.585	0.544	0.522	0.265	0.439
	平均	1.093	0.458	0.523	0.400	0.355	0.302
24ヵ月平均		0.694	0.384	0.428	0.403	0.382	0.307
S(偏差二乗和)		4.207	0.337	0.704	1.301	0.953	1.539
s(標準偏差)		0.408	0.124	0.175	0.238	0.204	0.259

測定値は同じ地点でも変動が大きく、宮古、那覇は比較的小さいが、石垣は最も大きな変動を示している。データのバラツキを考慮して、暴露地間に差があるかどうか検討した結果では石垣と他の地区及び那覇と銑子との間には有意差が認められたが、その他の地域間では有意差は見られなかった。図2は横軸にガーゼ付着塩分量の総量 (mg/d m<sup>2</sup>) を、縦軸に金属腐食量の総量 (mg/d m<sup>2</sup>) を取ったときの普通鋼板、耐候性鋼板および溶接用鋼板の腐食量を示したものである。時間の経過でX軸・Y軸とも増加するので右上がりのグラフとなるのは当然であるが、この図から特徴的に言えるのは次のとおりである。

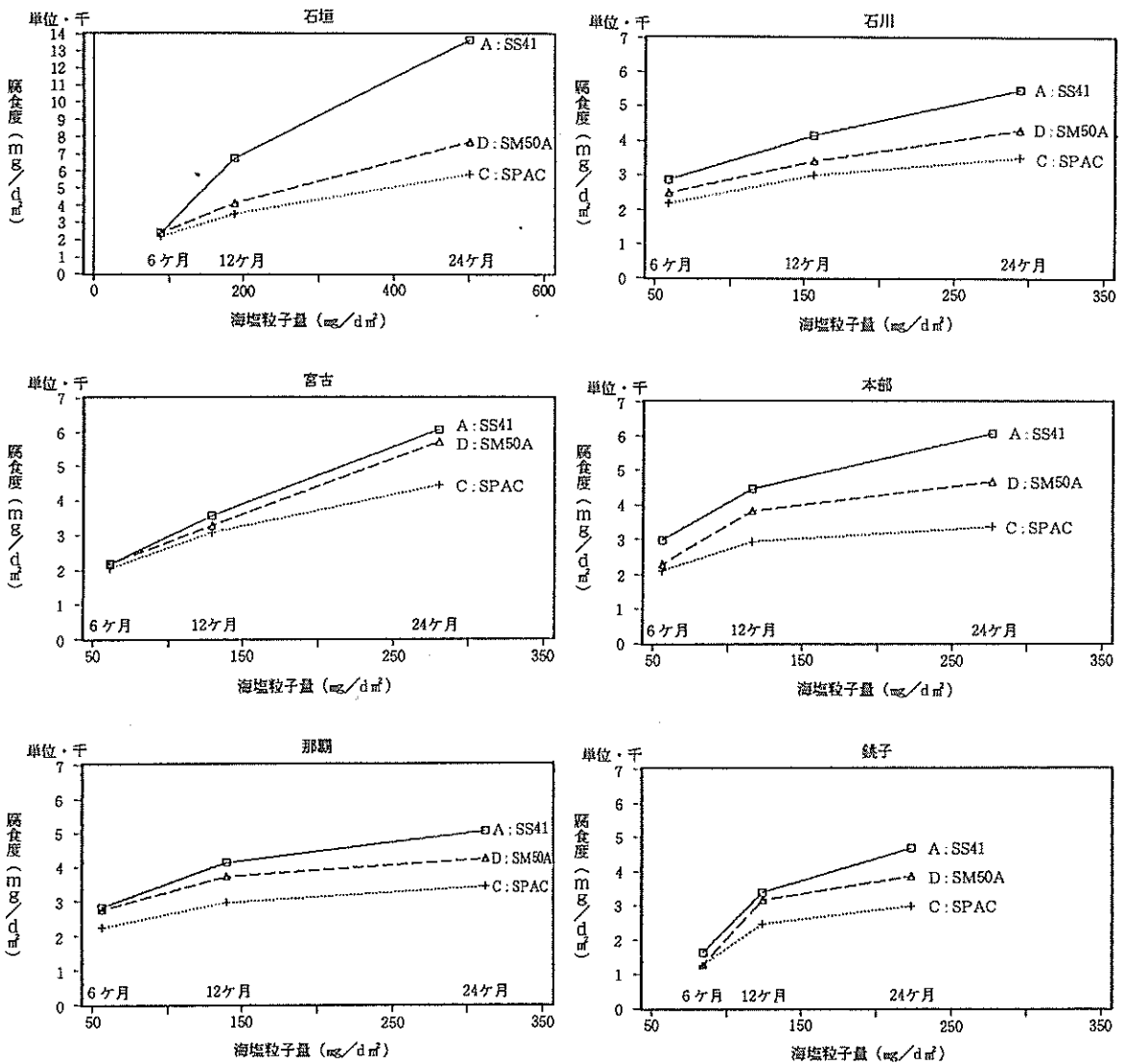


図2 海塩粒子量と腐食度の関係

①石垣地区では塩分量・腐食量とも大きく、特に普通鋼板の腐食度は他の地区の2倍以上である。

②銑子地区では少ない塩分量に較べて腐食量が大きい。特に暴露6ヶ月から12か月の間の腐食量の伸びが石垣を除く他の地区に較べて大きい。

大気中海塩粒子量の順序すなわち石垣>那覇(石川、宮古、本部)>銑子と腐食速度の順序すなわち石垣>宮古>石川(本部、那覇)>銑子と較べると現在の所、最大地区と最小地区とが一致している。これらの結果は、金属腐食を単一因子で考える事は困難としても、海洋性環境地区では海塩粒子の影響が大であることを示すものであろう。ステンレス試験片や塗装試験片で見ても、銑子の腐食環境は沖縄地区よりマイルドであると考えられる。ただし、那覇暴露場と銑子暴露場の比較では、普通鋼材及び耐候性鋼材の腐食量が2~3年で逆転することは別の暴露試験でも経験したことがあり<sup>1)</sup>、今回もその兆候が現われている。

### 3. 3. 2 めれ時間と金属腐食度の関係

大気環境下の材料劣化に関係する主要な因子としては硫酸化物等の腐食性物質の他に、温度、湿度など多くの因子が上げられている。中でも湿度は水分となり、水分は材料表面での吸着や温度変化による結露などで腐食反応に大きく関与している<sup>2)</sup>。降雨や結露による材料表面の「ぬれ」と「乾燥」との繰り返しは材料の劣化に大きく関与すると言われ、特に、材料がぬれから乾燥状態に移る時に腐食速度が大きくなると言われている<sup>3)</sup>。一般に相対湿度が75%以上のときは材料表面には何等かの形で水分が吸着し、ぬれているものと見られている<sup>3)</sup>。またISO9223では、気温0℃以上、相対湿度80%以上の時、材料表面はぬれ状態にあるとして、この持続時間をぬれ時間と規定している<sup>3)</sup>。この方法によるぬれ時間の算出には、沖縄の場合、気温0℃以上は無条件として、湿度の連続測定記録があればよいが、これも容易ではないので、比較的手軽な計測機を活用することとなる。本研究では積算結露時間計(スガ試験機、DR型)によって得られた当工試と日本ウエザリングテストセンター測定のデータを用いて各地のぬれ時間と金属腐食度との関係について考察することとする。(1) 各地におけるぬれ時間の比較

図3に宮古(ウエザリングテストセンター宮古試験場)、那覇(工業試験場)、浦添(沖縄電力)および銑子(ウエザリングテストセンター銑子暴露場)における実測ぬれ時間を示した。宮古島および銑子はウエザリングテストセンターによる測定値である。浦添は沖縄電力構内の護岸脇の地点であり、海塩粒子の飛来も多く金属腐食の激しい地点である。この地におけるぬれ時間の測定結果は2、3月と10、11月は銑子より大であるが、夏場は逆に銑子の方が大きくなり、年間では3515時間で、銑子の3378時間より大きな値を示している。宮古地区では3月から6月にかけて銑子より大きいが10月、11月期では逆に銑子が大きくなり年間総時間では3219時間となり、銑子よりやや低い値である。工業試験場

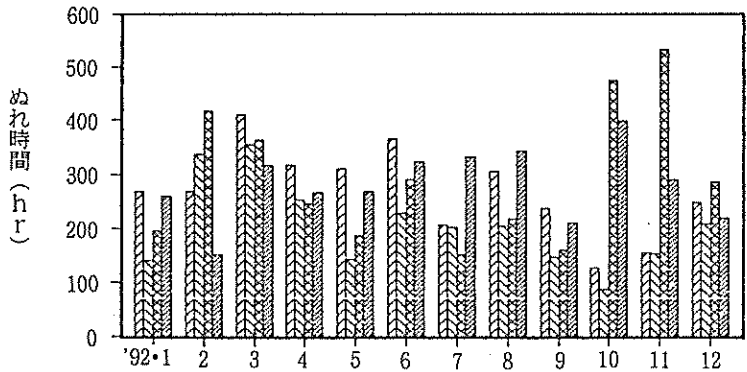


図3 各地におけるぬれ時間の月別変動

建物の屋上に設置された那覇地点では2月、3月を除いてすべて銹子より低い値で、年間総時間では2448時間とかなり低い値である。ISO方式に基づく結露時間（塗れ時間）の算出値は那覇地区では年間約4500時間との報告があり<sup>9)</sup>、この値は国内においては、最多地域に分類されている。これらの報告と県内の気象条件や金属腐食量の実態などから考えて、ここにあげた測定値はなんらかのファクターを加えて検討する必要があるものと考えられるが現時点では生のデータを掲載することとどめたい。銹子の場合、本土においては比較的年間を通して湿度の高い地区であり、その傾向がぬれ時間にも表れている。

(2) 那覇および銹子におけるぬれ時間と腐食度の関係

図4はY軸に金属腐食量を、X軸に塗れ時間をとって両者の関係をプロットしたものである。図に於て3つのポイントは左から右へそれぞれ、6、12、24か月時のぬれ時間と腐食度との関係である。この図で見る限り、一般にぬれ時間は銹子が多いが、腐食度は那覇が大きいという結果を示している。冷間圧延鋼板については、銹子がぬれ時間も長く、腐食量も多いことを示している。またその他の鋼種については12か月までの腐食度は那覇が大きい12か月から24か月にかけての腐食の進み方は銹子が大きく、3か年時までは両地区の腐食度は逆転するであろうこともうかがうことができる。ここでも、那覇地区のぬれ時間のデータを再検討する必要があるので、両者の相関関係等については今後に検討することとしたい。

3. 3. 3 各地における金属腐食関連気象因子の比較

気温が高く相対湿度が高いほど空気中の絶対水分量は多くなるわけであるが、腐食の進行速度も早くなる。沖縄は高温多湿であり、台湾も類似した腐食環境であるため、そこでの金属腐食は興味

の持てる場所である。本研究では台湾との防錆技術交流により一応の資料<sup>10) 11)</sup>を入手したので、可能な範囲で資料の比較を試みることにした。

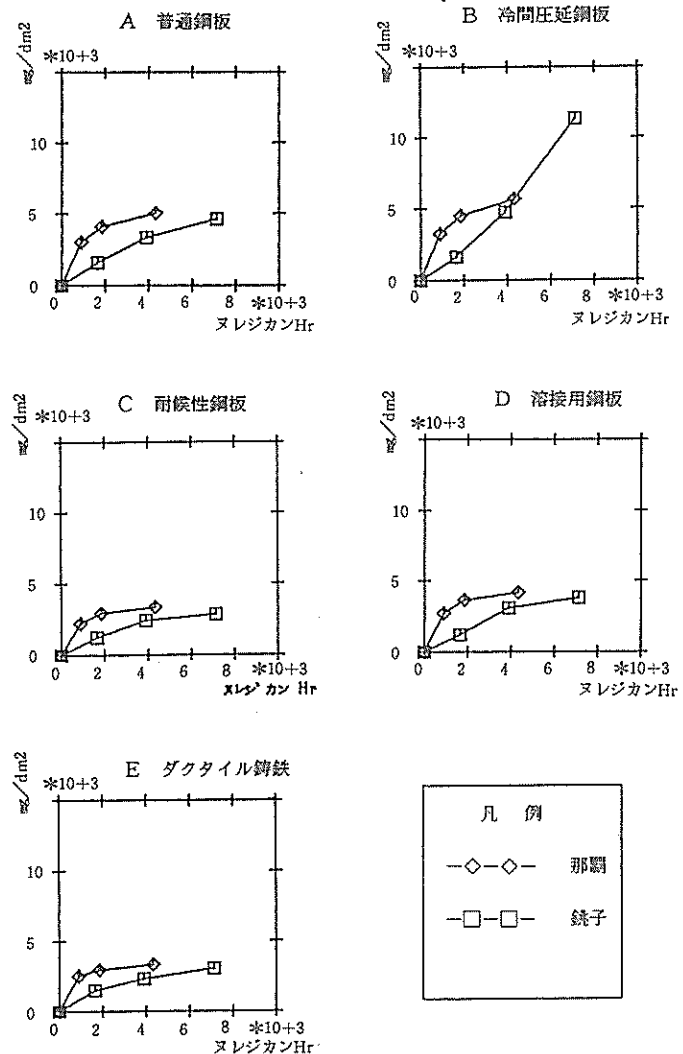


図4 那覇及び銹子におけるぬれ時間と金属腐食量の関係

(1) 気象因子の比較

国立天文台編理科年表（平成5年度版）により気象因子の平年値を比較すると、那覇22.4℃、台北22.2℃と那覇と台北とは殆ど変わらないが、台北は湿度が81%と那覇の76%に較べて大きな開きがある。また降水量は年間約2000mmで那覇と殆ど同じである。

図5に台湾の文献資料<sup>10)</sup>でみる1989年度（平成元年度）の気象データと国内との比較を示した。図において、「土城」は台北縣土城工業区、「台中」は台中縣台中港<sup>11)</sup>（図6）である。台湾の気温は沖縄とあまり変わらないが、湿度の場合は1年中殆ど変わらず、高湿度を示しているのが特徴である。日照時間は銚子が長く、7～9月では沖縄も長くなるが、その他の期間は沖縄と台湾は大差がない。日当り降水時間は銚子と台北が大差無いが台中港では約半分である。同降水量は4～6月では沖縄が多い。風速は4月～9月までは沖縄が大きい、10月～3月の期間では台中港の風速が目立って大きい。

このような気象条件からすれば、台湾の金属腐食度は沖縄よりも大きいことが予想される。

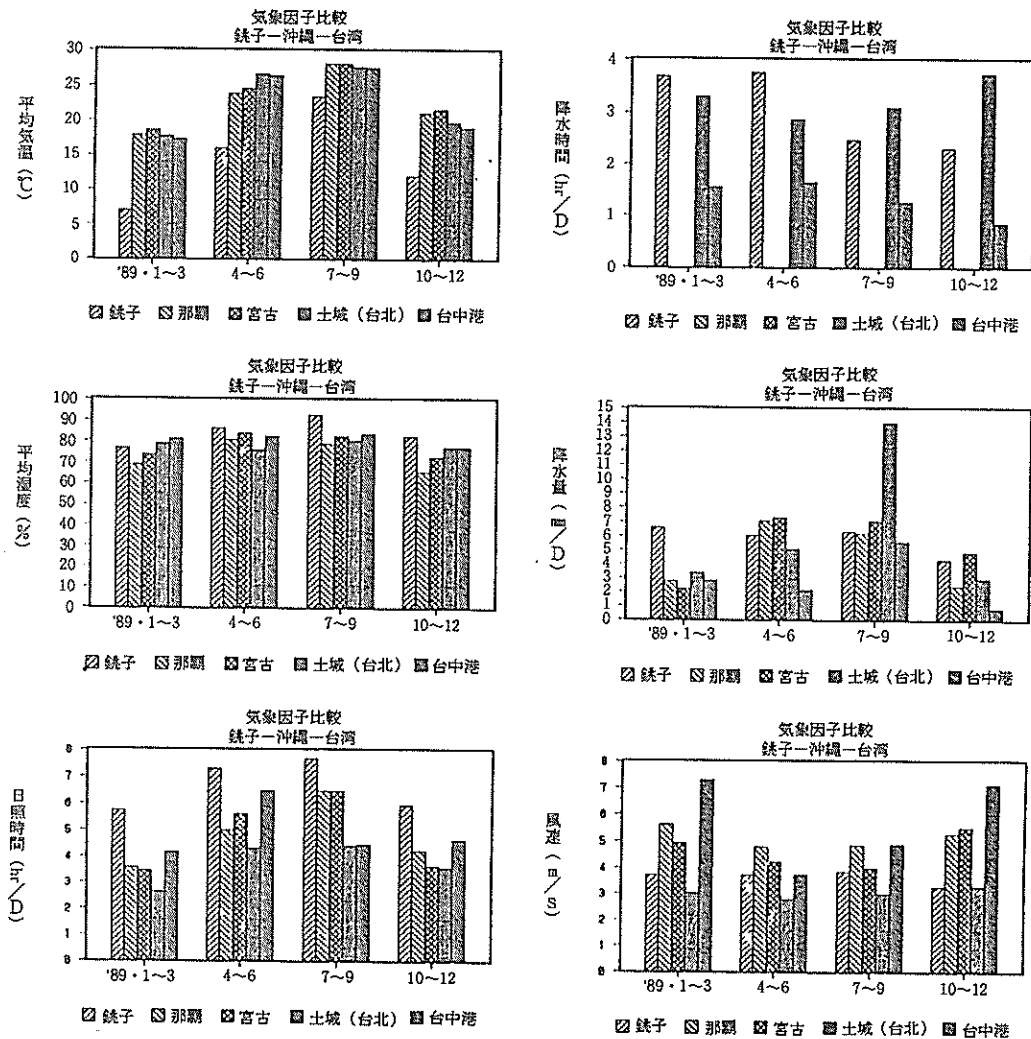


図5 銚子—沖縄—台湾の気象因子比較



(2) 海塩粒子量および腐食量の比較

表3に国内および台湾における<sup>13)</sup>大気中塩分量および腐食度の測定例を示した。海塩粒子量の測定方法は国内データは屋根下に

表3 台湾—沖縄—銚子における海塩粒子量と腐食速度(2か年時)の測定例

	高雄	台中	台北	石垣	宮古	那覇	石川	本部	銚子
海塩粒子量 Cl- $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{day}$	62	365	129	45	25	28	26	25	20
腐食速度 mm/y	普通鋼	0.14	0.12	0.08	0.09	0.04	0.04	0.04	0.03
	耐候性鋼	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02

吊すオープンガーゼ法で、台湾ではウエットキャンドル法である。両方法による測定値の間には定まった関係はないが、ウエットキャンドル法がガーゼ法より大きいのが普通である。これを考慮して両地区での測定値を見ると、台湾は沖縄とは比較にならない程大きな値である。

表4 暴露試験片化学組成

区分	名称	記号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
台湾試料	耐候鋼	SPA-	0.12 (MAX)	0.25 ~ 0.75	0.2 ~ 0.5	0.07 ~ 0.15	0.04 (MAX)	0.25 ~ 0.8	0.3 ~ 1.25	0.65 (MAX)
	鋼	SS-11					0.05 (MAX)	0.05 (MAX)		
当方試料	耐候性鋼板	SPAC	0.09	0.45	0.40	0.09	0.003	0.27	0.60	0.17
	普通鋼板	SS41	0.09	0.12	0.89	0.01	0.00			

同様に、普通鋼および耐候性鋼の腐食度についても比較を試みた。比較の前提条件として、同じ鋼でも両地区の材料には表4<sup>13)</sup>に示すように化学成分の違いがあること、サンプルの調整方法、腐食度測定時の除錆法が同じでないことなど、単純に比較するには無理な面もあるが、これらの条件を無視して、大胆に比較してみるとつぎの通りである。

腐食度は2か年時の値で比較した。沖縄においては普通鋼がおよそ0.05mm/y、耐候性鋼がおよそ0.02mm/yであるのに対し、台湾ではそれぞれ、およそ0.1mm/y、0.05mm/yの腐食量である。気温が高く、湿度の高い台湾地区では沖縄地区よりも金属の腐食度が大きいことがわかる。

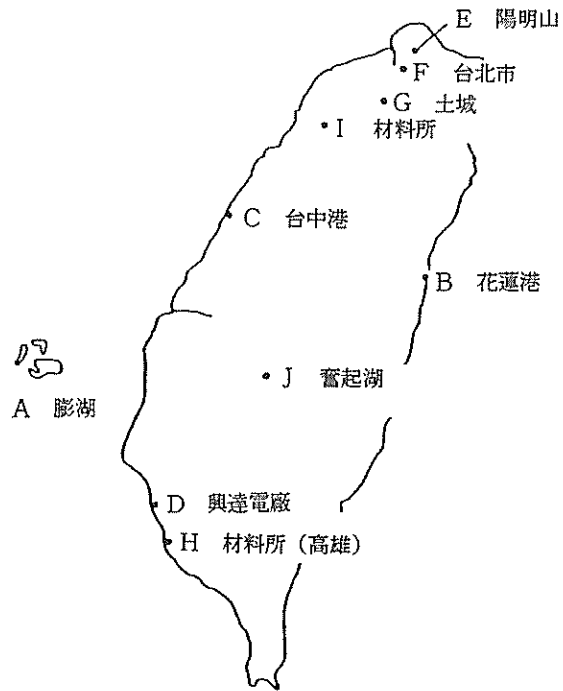


図6 台湾における暴露試験地点圖

#### 4. まとめ

暴露2か年時における各試験片の経時変化および環境因子の測定・分析結果は次のようにまとめることができる。

- ①. 現時点では塗装試験片については大きな変化は見られないが、素材試験片やめっき試験片では試験片差や地域差が表れている。この先、時間の経過により、塗装試験片においても、これらの差が表れるものと考えられる。今後の特性値変化に注目するとともに環境因子との関連についても検討を続けて行きたい。
- ②. 素材試験片の腐食減量を鋼種別・地域別に測定した結果では、腐食量は鋼種別では冷間圧延鋼板、普通鋼板、溶接構造用鋼板、耐候性鋼板、ダクタイル鋳鉄の順であり、12か月時点と較べると鋳鉄と耐鋼性鋼板との差が明かになった。地域別では石垣、宮古、石川（本部、那覇）、銚子の順である。
- ③. 海塩粒子量の測定結果は、石垣>那覇（石川、宮古、本部）>銚子の順であり、腐食速度の順序と較べると最大地区と最小地区とが一致している。
- ④. ぬれ時間（結露時間+降水時間）・ぬれ回数と腐食速度の関係については現時点ではデータ不足のため、明らかではなく、今後引き続き検討していく必要がある。
- ⑤. 台湾・那覇・銚子の金属腐食環境は海塩粒子や気象因子からの推定では台湾>那覇>銚子の順で高温・高湿・高塩分となる台湾の腐食度は沖縄より大きい。

#### 謝 辞

本研究は沖縄電力（株）研究開発部、火力部、中央電力所変電補修課、宮古支店、八重山支店の絶大なご協力により進められており、心から感謝の意を表します。また、（社）日本ウェザリングテストセンターには、資料の提供など多大なご協力をいただきました。記して心から感謝いたします。

#### 参考文献

1. 石原金盛、長山純朗、国吉和男、比嘉敏勝、比嘉眞嗣、金属の煙害に関する調査研究（1～4）、沖工試業務報告vol. 9～12、1981～1984
2. 石原金盛、長山純朗、国吉和男、比嘉敏勝、比嘉眞嗣、沖縄県における金属素材および防錆被覆材の耐食性に関する研究（1）～（3）、沖工試業務報告、1990～1992。
3. 外川靖人、大気腐食性を分類するための国際共同暴露試験、ウェザリング技術研究発表会テキスト、P9～18、（財）日本ウェザリングテストセンター、1991。
4. 外川靖人、大気環境の腐食性の推定方法、ウェザリング技術研究発表大会特別講演要旨、1992。
5. 富板崇、樫野紀元、我が国における結露マップの提案、高分子系建築材料の耐久性に関する研究（その2）、日本建築学会構造系論文集第395号、1989
6. 富板崇、樫野紀元、我が国における気温補正結露マップの提案、高分子系建築材料の耐久性に関する研究（その3）、日本建築学会構造系論文集第405号、1989。
7. 富板崇、樫野紀元、高根由充、海塩粒子捕集量におよぼす気象因子の影響、日本機械学会構造系論文集、第384号、1988。

8. ISO/TC156対策専門委員会、金属と合金「腐食試験片からの腐食生成物除去手順」、ISO技術委員会活動報告、1986。
9. (財)日本ウエザリングテストセンター、金属系分科会報告書、1993。
10. 鄭福田、莊東漢他、台湾地区大気腐食環境因子調査、材料大気腐食研討会論文集、17頁～30頁、1989
11. 陳天賜、祭克群ほか、台湾地区大気腐食資料庫、材料大気腐食研討会論文集、1989

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。