めっき皮膜の大気暴露試験

——亜鉛めっきの大気腐食——

外川靖人*，高橋教司*，神戸徳蔵*
松下静夫*，松尾勝央*，三島武之**

Atmospheric Exposure Test of Some Metallic Coatings

——Atmospheric Corrosion of Zinc Coatings——

Yasuhito TOGAWA*, Kyoji TAKAHASHI*, Tokuzo KANBE*,
Shizuo MATSUSHITA* Katsuhiro MATSUO*, Takeyuki MISHIMA**

The correlation between the atmospheric corrosion of zinc coatings and the environmental corrosive factors was investigated from results of the atmospheric corrosion test, carried out at 8 selected sites in this country, for electrodeposited zinc coatings (chromated) and hot-dip zinc coatings. The corrosion rate of zinc coatings varied naturally according to the exposure sites and seasons, and the longer the exposed period, the greater the difference in the degrees of corrosion due to the exposure sites. In the case of electrodeposited and then chromated zinc coatings, the amounts of sulfur dioxide and sea salt in the air had large influences on these corrosion. On the other hand, in the case of hot-dip zinc coatings, corrosion rates had high correlations to relative humidity and wetness-time by dew-fall and precipitation.

1. 緒 言

大気汚染は生物の生態系に悪影響を及ぼしているばかりでなく、金属の腐食にも大きな影響を及ぼすことは周知の事実である。金属の大気腐食は工業地帯、海岸地帯、住宅地帯、都市地帯、田園地帯あるいはその中間地帯といったそれぞれの大気環境によって異なり、腐食は非常に複雑な様相を呈しているが、防食を目的とした多層めっきの腐食は単一金属より一層複雑である。そのため、めっきの大気暴露試験に関する報告^{1),2),3),4)}はわずかに見受けられる程度で、めっき皮膜の腐食に及ぼす大気中の各種腐食性因子（気象関係の因子、大気汚染物質等）の影響及び腐食性因子とめっき皮膜の腐食との相関関係は明確にされていない。

本研究は種々の大気環境（8カ所）のもとで各種めっき皮膜の大気暴露試験を行い、めっきの腐食量を測定すると同時に、腐食に影響を及ぼすと考えられる環境因子

を測定し、地域環境の特性を見出すとともに、それら環境因子とめっき皮膜の腐食との相関関係を検討した。本報ではそれらのうち亜鉛めっきに関する部分について報告する。

2. 大気暴露試験

2-1 試験片

2-1-1 電気亜鉛めっき（クロメート処理）

素材に冷間圧延鋼板（JIS G 3141, 1種）70×100×1.2 mmを用い、高濃度青化浴にて5, 13, 20 μm のめっきを施し、最終仕上げとして常温で3秒間クロメート処理した。

2-1-2 熔融亜鉛めっき

前者と同一素材、同一寸法のものを用い、約50 μm の厚さのめっきを施した。

2-2 暴露場所

- (1) 工業地帯：東京都大田区下丸子，旧製品科学研究所2階屋上；広島県呉市，㈱ダイクレ2階屋上
- (2) 臨海工業地帯：三重県四日市市磯津町，磯津漁業組合2階屋上
- (3) 大都市住宅地帯：東京都杉並区井草，旧日本防錆技術協会付属研究所中庭
- (4) 住宅田園地帯：山形市銅町，旧山形工業試験場中庭；新潟市鏡町，新潟工業技術センター3階屋上；福岡

* 製品科学研究所（〒305 茨城県筑波郡谷田町東1-1-4）
Industrial Products Research Institute (1-4, Yatabe-machi Higashi, 1-chome, Tsukuba-gun, Ibaragi 305)

**熊本県工業試験所（〒862 熊本市東町3-16）
Industrial Research Institute, Kumamoto Prefecture (3-16, Higashi-machi, Kumamoto-shi, Kumamoto 862)

県久留米市津福本町, 旧製科研九州出張所 2 階屋上

(5) 田園地帯: 銚子市新町, 日本ウェザリングテストセンター銚子暴露試験場

2-3 暴露方法

ポリエチレン製座金を絶縁材として, ステンレス製ボルトナットを用いてアルミ製架台に試験片を固定し, 正南面45度の角度で暴露した。ただし, 銚子では試験片の固定にがいしを用いた。

暴露期間は気象因子の腐食への影響を明らかにするため3か月及び6か月とした。1回に各3枚ずつの試験片を暴露した。暴露は1971年8月に開始し, 2年間に3か月暴露8回, 6か月暴露4回の試験を行った。

2-4 環境因子の測定

めっき皮膜の腐食に影響を及ぼすと考えられる次の6因子の測定を行った。

(1) 気温: 東京都大田区, 杉並区, 千葉県銚子及び福岡県久留米の4カ所では暴露台近くの百葉箱中で測定した。他の4カ所では近くの測候所の観測データを利用した。

(2) 相対湿度: (1)に同じ

(3) 降水量: (1)に同じ

(4) 硫黄酸化物: すべての場所で PbO_2 法により暴露台近くで毎月測定した。使用した PbO_2 は英国 D.S.I.R 標準品 Bach P である。

(5) 海塩粒子: すべての場所でガーゼ捕集法により暴露台近くで毎月測定した。

(6) ぬれ時間: 東京都大田区と千葉県銚子においてのみ電気導通方式の測定器を用いて, 降水及び結露によるぬれ時間を測定した。

3. 結 果

3-1 環境因子の測定結果

暴露各地の月平均気温, 月平均湿度及び降水量の気象関係の因子(データ省略)について, その年間変動をみると, 地域特有の変動を示していた。その傾向から本研究での暴露地を太平洋側と日本海側の2つに大別できる。太平洋側の地域では, 5月から9月にかけて高温高湿で降水量が多く, 10月から4月にかけては低温低湿で降水量が少ない傾向があり, この傾向は東京地域で特に顕著であった。一方, 日本海側の地域は高温期はもちろんのこと, 冬の低温期でも相対湿度が比較的高い傾向が認められた。月平均気温の地域差は約2~9°C, 各地の月平均気温の最低月と最高月の差は約21~25°Cであった。

硫黄酸化物の測定結果を図1に示す。工業地帯で硫黄酸化物が多いのは予想したとおりであり, 四日市市は石油化学コンビナートに隣接しているため特に多く, 次いで呉>大田区>杉並区の順に多かった。住宅地帯で冬季の汚染量が多くなるのは, 暖房による排気ガスの影響と考える。

海塩粒子量の測定結果を表1に示す。海岸に近接した場所で海塩粒子が多いのは当然であるが, 海岸に隣接した四日市と呉での値が予想より少なかった。これは風向にも関係するが, 測定位置が建物の2階屋上であったことも測定値が少ない原因と考える。一方, 海岸からかなり離れた新潟(海岸から約3.5km, 信濃川から約1.5km)の冬季の値が非常に高かった。これは強い季節風に原因している。また, 杉並区での値が大きいの, この付近の交通量が多いことから, 鈴木ら⁵⁾が銅の大気腐食生成物について述べているように, 自動車の排気ガスが一因であるものと推察される。

降水及び結露によるぬれ時間の測定結果を図2に示す。大田区と銚子では降水によるぬれ時間はほぼ同じであるが, 結露によるぬれ時間は銚子の方がはるかに多かった。このように結露時間に差があるのは, 気温, 湿度の変化の違いに原因しているものであるが, 測定場所が地上と2階屋上で異なることも原因である。

3-2 大気暴露試験結果

暴露試験を終了した試験片は表面状態を観察した後, 10% NH_4Cl 溶液に常温で10分間浸せし, ガーゼでこすって腐食生成物を除去し, 腐食減量を測定した。表2, 表3に平均腐食減量を示す。試験片表面の汚れは工業地帯で特にひどく, 次に大都市住宅地帯, 住宅田園地

Fig. 1 Amount of sulfur oxide collected at exposure sites.

帯、田園地帯の順であった。最も汚れのはげしかった場所とは異で、表面に多量の油性物質の付着が認められた。

Fig. 2 Total value of wetness-time by dew-fall and precipitation in month.

クロメート皮膜を持つ電気亜鉛めっきの耐食性は非常に良好で、6か月後も大部分のクロメート皮膜が残存しており十分な防食機能を保持していた。全般的にみて試験片の表側は斑点状に、裏側は全面的に腐食され、クロメート皮膜の脱落が認められた程度で、亜鉛の白色腐食生成物の発生及び鉄素地の腐食はいずれの場所でも認められなかった。6か月の腐食減量は同期の3か月の減量の和よりやや多いが、かなり良い一致がみられた。

熔融亜鉛めっきの場合、暴露場所及び暴露時期で異なるが、クロメート処理した電気亜鉛めっきより2～7倍も多く腐食していた。3か月暴露では表側はやや灰黒色に変色し、絶縁用のポリエチレン座金と接した部分と、裏側の下部（架台と重なった部分）にわずかに白色腐食生成物の生成が認められた。6か月では全面が暗灰黒色に変化し、表側には黒い点状の腐食生成物の生成が多くなっていた。白色腐食生成物の生成は銚子で最も多かった。腐食生成物を除去する前の試験片の重量は3か月暴露では増加しているが、6か月では銚子を除き減少していた。ただし、銚子ではかなりの重量増加が観察された。

Table 1 Amount of sea salt collected at exposure sites

(mg.NaCl/day. 100cm²)

	Yamagata	Niigata	Suginami-ku	Ōta-ku	Yokkaichi	Kure	Kurume	Chōshi
'71. 8	.027	.016	.088	.053	.048	.186	.028	—
9	.017	.022	.044	.039	—	.055	.022	.077
10	.021	.074	.059	.027	.032	.091	.021	.027
11	.030	.086	.041	.019	.031	.083	.028	.018
12	.017	.097	.052	.029	.031	.073	.015	.019
'72. 1	.018	.130	.056	.022	.041	.071	.022	.037
2	.020	.148	.057	.023	.154	.094	.020	.044
3	.020	.133	.197	.051	.043	.133	.020	.045
4	.017	.056	.099	.034	.066	.083	.017	.047
5	.036	.056	.084	.043	.138	.093	.019	.035
6	.036	.029	.084	.047	.096	.059	.018	.025
7	.037	.028	.108	.043	.057	.081	.021	.051
8	.024	.063	.085	.042	.054	.077	.017	.043
9	.026	.041	.134	.044	—	.170	.018	.043
10	.030	.183	.068	.036	.105	.076	.013	.036
11	.034	.066	.063	.028	.046	.114	.019	.029
12	.016	.266	.062	.026	.040	.083	.019	.028
'73. 1	.014	.399	.061	.029	.060	.044	.014	.027
2	.020	.424	.050	.025	.043	.085	.014	.015
3	.029	.232	.091	.039	.042	.085	.018	.019
4	.025	.104	.111	.041	.067	.108	.015	.043
5	.028	.084	.081	.031	.088	.067	.019	.028
6	.021	.059	.043	.025	.034	.108	.016	.034
7	.020	.049	.077	.037	.060	.041	.018	.031

4. 考 察

表2及び表3の腐食減量から各暴露地における亜鉛めっきの腐食傾向の概要を知ることが可能であるが、明確にその傾向をつかむことは困難である。そこで実験計画に基づきデータを統計的に解析処理した。

4-1 亜鉛めっきの大気腐食傾向

3か月及び6か月暴露の腐食減量について分散分析した結果を表4、表5に示した。3か月暴露ではすべての

要因に危険率5%以下で有意差が認められた。要因のうち暴露場所すなわち大気環境の違いによる腐食への影響が非常に大きく、その寄与率(ρ)は非常に高い。ついで影響が大きいのは暴露場所と暴露時期の交互作用である。6か月暴露では、暴露場所の寄与率が3か月暴露よりさらに高くなり、その他の要因の寄与率は低くなっている。これら分散分析の結果は、亜鉛めっきの大気腐食は暴露地の大気環境の相違により大きく異なり、各暴露地において暴露時期(季節)によってもその腐食量に大

Table 2 Corrosion loss of platings after 3 months' atmospheric exposure test

Exposure Site	Season** of Exposure	Weight Loss (mg/dm ²)				Exposure Site	Season** of Exposure	Weight Loss (mg/dm ²)			
		Elect. Zn (Chromate Treated)			Hot-dip Zn			Elect. Zn (Chromate Treated)			Hot-dip Zn
		5 μ m	13 μ m	20 μ m	50 μ m			5 μ m	13 μ m	20 μ m	50 μ m
Yamagata	S 1	3.5	2.3	5.0	19.6	Yokkaichi	S 1	27.7	25.9	24.3	66.7
	S 2	5.7	4.1	7.6	35.8		S 2	11.1	11.7	14.6	28.2
	S 3	4.6	3.9	5.1	23.6		S 3	20.2	19.9	21.8	44.8
	S 4	5.2	3.9	4.7	24.7		S 4	27.2	26.4	30.2	56.9
	S 5	5.4	4.1	5.6	33.7		S 5	19.9	20.0	21.8	63.5
	S 6	8.4	7.6	9.4	36.3		S 6	13.8	13.0	15.4	32.7
	S 7	5.9	4.7	6.2	19.4		S 7	14.9	12.6	14.5	33.4
	S 8	4.0	4.0	4.8	30.2		S 8	20.2	18.1	20.4	43.0
Nigata	S 1	7.6	7.4	9.2	23.7	Kure	S 1	6.5	5.4	7.9	26.3
	S 2	18.1	15.7	20.3	32.7		S 2	3.8	3.3	6.5	15.0
	S 3	15.9	12.4	12.8	38.9		S 3	9.0	7.4	9.4	25.1
	S 4	7.4	7.4	7.9	27.6		S 4	12.9	11.3	13.2	42.3
	S 5	8.1	6.3	7.4	38.5		S 5	8.6	6.5	8.3	58.2
	S 6	23.0	21.1	20.5	51.4		S 6	5.9	5.6	7.5	33.2
	S 7	16.1	13.1	13.8	38.9		S 7	11.0	8.7	11.6	25.6
	S 8	6.4	5.9	8.4	33.0		S 8	7.4	9.0	9.9	30.4
Suginami-ku	S 1	7.6	7.5	8.1	28.2	Kurume	S 1	4.5	4.9	6.1	38.4
	S 2	1.7	3.5	5.7	19.7		S 2	3.3	3.4	7.1	21.7
	S 3	5.5	5.3	6.3	25.2		S 3	5.9	7.2	8.1	28.0
	S 4	7.6	8.7	10.2	38.7		S 4	5.1	5.3	6.9	36.5
	S 5	6.3	7.4	8.4	41.2		S 5	4.8	4.3	7.5	26.5
	S 6	3.3	4.7	6.2	20.6		S 6	5.6	5.9	8.1	29.4
	S 7	4.7	5.8	6.2	23.1		S 7	6.2	5.8	7.2	24.5
	S 8	7.0	7.1	8.5	44.0		S 8	4.9	5.8	6.7	36.6
Ōta-ku	S 1	13.0	13.3	14.4	29.3	Chōshi	S 1	—	—	—	—
	S 2	1.9	2.2	6.6	16.7		S 2	7.9	7.5	10.1	21.4
	S 3	10.0	9.5	11.1	28.4		S 3	9.7	7.9	8.3	36.3
	S 4	12.5	7.4	15.8	32.7		S 4	9.3	6.9	9.6	64.4
	S 5	16.1	14.5	18.6	44.8		S 5	11.1	7.9	8.7	95.4
	S 6	3.2	4.1	5.5	22.2		S 6	8.1	9.4	8.8	56.9
	S 7	8.5	9.7	9.9	26.7		S 7	8.5	8.6	8.9	30.2
	S 8	12.4	12.5	14.9	38.4		S 8	10.1	9.5	9.5	46.5

** Season of exposure ; S 1 : '71. 8.2-'71.11.2 S 4 : '72. 5.2-'72. 8.2 S 7 : '73. 2.2-'73. 5.2
S 2 : '71.11.2-'72. 2.2 S 5 : '72. 8.2-'72.11.2 S 8 : '73. 5.2-'73. 8.2
S 3 : '72. 2.2-'72. 5.2 S 6 : '72.11.2-'73. 2.2

きな相違があること、また、暴露期間が長くなると暴露環境の違いによる腐食への影響がより顕著に現われてくること、すなわち、環境の腐食性の地域差がより明瞭になってくることを意味している。

3か月暴露の分散分析の結果をもとに、各暴露地における暴露時期別の腐食傾向の違いを検討したところ、その傾向は太平洋側の地域と日本海側の地域では異なっていた。太平洋側の地域では、暴露開始が5月及び8月の気温が高く湿度の高い時期の腐食が多く、11月及び12月開始の気温が低くて湿度も低い時期の腐食が非常に少ない傾向が認められた。この傾向は東京地区で特に顕著であった。一方、日本海側の地域では、太平洋側とは逆に暴露開始が11月及び2月の気温は低いが湿度は比較的高い時期での腐食が多い傾向が認められた。

6か月暴露の分散分析の結果をもとに、亜鉛めっきの腐食量の地域差を求めたところ、電気亜鉛めっき（クロメート処理）では危険率1％で四日市＞新潟＞大田区＞呉＞銚子＞杉並区、久留米＞山形の順に腐食が多かった。熔融亜鉛めっきでは、銚子における腐食が最も多かった以外は地域差の順位はほぼ上記した順位と同じであった。この結果と環境因子の測定結果とを対比すると、腐食の多い環境はそれぞれ1つの特徴をもっていることがわかる。その特徴は四日市では硫酸酸化物が非常に多いこと、新潟では10月から3月にかけて海塩粒子が非常に多いこと、そして、銚子では高温期の相対湿度が非常に高いことである。これらのことから、電気亜鉛めっき（クロメート処理）及び熔融亜鉛めっきとも、硫酸酸化物並びに海塩粒子の多い環境でその腐食がはげしいこと、また、クロメート皮膚のような耐食性の保護皮膚をもたない亜鉛めっきは、大気汚染物質の少ない清浄な環境でも相対湿度が高いとはげしく腐食することが判明した。

4-2 亜鉛めっきの腐食と環境因子との相関

亜鉛めっきの腐食量と環境因子の測定値との相関係数を表6に示す。クロメート処理した亜鉛めっきの場合、3か月暴露では腐食量と硫酸酸化物量（相関関係は図3）、海塩粒子量及び降水量との間に危険率1％で相関が認められた。6か月暴露では硫酸酸化物量との間に高

Table 3 Corrosion loss of platings after 6 months' atmospheric exposure test.

Exposure Site	Season** of Exposure	Weight Loss (mg/dm ²)			
		Elect. Zn (Chromate Treated)			Hot-dip Zn
		5μm	13μm	20μm	50μm
Yamagata	S 1	10.1	10.4	12.9	29.5
	S 2	8.6	9.3	10.5	36.7
	S 3	13.6	13.0	15.6	60.5
	S 4	9.2	8.3	10.6	33.2
Niigata	S 1	30.7	30.4	29.1	42.4
	S 2	26.5	25.3	26.1	58.7
	S 3	32.5	33.9	34.9	104.5
	S 4	20.1	18.7	21.7	56.2
Suginami-ku	S 1	13.0	14.0	15.4	40.5
	S 2	15.3	13.7	16.5	49.1
	S 3	11.2	10.8	13.8	56.7
	S 4	13.2	14.0	16.4	49.7
Ōta-ku	S 1	20.7	19.0	19.6	37.8
	S 2	30.4	26.1	26.1	60.4
	S 3	19.6	19.7	20.6	69.1
	S 4	21.3	24.4	27.7	56.7
Yokkaichi	S 1	48.9	46.2	47.4	89.3
	S 2	51.3	58.0	56.9	80.9
	S 3	36.7	37.2	40.6	97.6
	S 4	37.1	33.6	38.2	70.6
Kure	S 1	12.9	12.4	14.7	33.4
	S 2	23.8	25.4	26.9	50.4
	S 3	16.3	13.6	18.7	81.1
	S 4	22.8	17.8	21.3	48.7
Kurume	S 1	9.5	9.0	11.8	39.3
	S 2	14.7	14.3	15.2	56.6
	S 3	11.5	10.8	12.9	52.1
	S 4	13.1	12.0	14.6	49.3
Chōshi	S 1	—	—	—	—
	S 2	18.9	18.9	20.2	78.8
	S 3	16.7	15.5	17.0	152.8
	S 4	19.3	15.9	17.9	61.5

** Season of exposure : S 1 : '71.8.2-'72.2.2
S 2 : '72.2.2-'72.8.2
S 3 : '72.8.2-'73.2.2
S 4 : '73.2.2-'73.8.2

い相関が認められたのみであった。クロメート処理した電気亜鉛めっきの腐食は、硫酸酸化物量、海塩粒子量及び降水量が多いほど多くなる。

亜鉛は亜硫酸ガス、海塩粒子と反応して水に可溶性の硫酸亜鉛、塩化亜鉛を生成する。この反応は、亜硫酸ガス腐食試験及び塩水噴霧試験の観察結果(未発表)から、クロメート皮膚と亜鉛の界面にそって進行し、クロメート皮膚を亜鉛表面から脱落させることが判明した。これ

らのことから、亜硫酸ガス又は海塩粒子の多い大気中では、これらの腐食性因子の作用でクロメート皮膜が脱離

し降水などで流失して裸の亜鉛面が露出し、腐食が促進されるものと考えられる。

Table 4 Table of analysis of variance of corrosion loss of Elect. Zn (chromate treated).

3 Months' Atmospheric Exposure Test ('71. 11. 2-'72. 8. 2).					
Factor	S	ϕ	V	F.	ρ
A (Thickness)	592.34	2	296.17	98.72**	1.9%
B (Site)	17,303.14	7	2,471.87	823.95**	56.4
C (Season)	889.18	6	148.19	49.39**	2.8
A $\times$ B	259.78	14	18.55	6.18**	0.7
A $\times$ C	201.08	12	16.75	5.58**	0.5
B $\times$ C	10,047.07	42	239.21	79.73**	32.4
A $\times$ B $\times$ C	349.46	84	4.16	1.38 *	0.3
Error	1,009.86	336	3.00		4.9
Total	30,651.91	503			99.9
6 Months' Atmospheric Exposure Test ('72. 2. 2-'73. 8. 2).					
Factor	S	ϕ	V	F.	ρ
A (Thickness)	394.47	2	197.23	25.91**	0.7%
B (Site)	42,553.68	7	6,079.07	798.82**	81.0
C (Season)	1,772.57	2	886.28	116.46**	3.3
A $\times$ B	117.45	14	8.38	1.10	0.0
A $\times$ C	58.47	4	14.61	1.91	0.1
B $\times$ C	6,013.06	14	429.50	56.43**	11.3
A $\times$ B $\times$ C	476.82	28	17.02	2.24**	0.5
Error	1,096.12	144	7.61		3.1
Total	52,428.58	216			100.0

** : 99% Significant, * : 95% Significant

Table 5 Table of analysis of variance of corrosion loss of hot-dip Zn.

3 Months' Atmospheric Exposure Test ('71. 11. 2-'73. 8. 2)					
Factor	S	ϕ	V	F.	ρ
A (Site)	18,403.40	7	2,629.05	272.72**	26.5%
B (Season)	22,811.67	6	3,801.94	391.39**	32.9
A $\times$ B	26,846.04	42	639.19	66.30**	38.2
Error	1,079.99	112	9.64		2.3
Total	69,141.10	167			99.9
6 Months' Atmospheric Exposure Test ('72. 2. 2-'73. 8. 2).					
Factor	S	ϕ	V	F.	ρ
A (Site)	41,382.34	7	5,911.76	89.40**	44.9%
B (Season)	26,469.07	2	13,234.53	200.15**	28.9
A $\times$ B	20,061.15	14	1,432.93	21.67**	21.0
Error	3,173.89	48	66.12		5.2
Total	91,086.45	71			100.0

** : 99% Significant

溶融亜鉛めっきの場合、3か月暴露では腐食量と各気象因子との間に相関が認められ、特に相対湿度との相関が高かった(図4に關係を示す)。しかし、6か月暴露ではいずれの因子とも相関が認められなかった。このように6か月暴露で気象因子との相関が認められなくなったのは、2月及び8月に暴露を開始したためそれぞれの暴露期間の気象因子の平均値の差が小さくなったためと思われる。

銑子における溶融亜鉛めっきの腐食が最も多かったのは、相対湿度が高かったことが最大の原因である。相対湿度が高いと気温変化により結露し易く、金属表面がぬれ易いため腐食が多くなる。これは銑子と大田区のみデータではあるが、銑子のぬれ時間が非常に多いこと並びに図5に示したように溶融亜鉛めっきの腐食と降水及び結露によるぬれ時間との間に高度の相関が認められたことから立証される。このように相対湿度及び金属表面のぬれ時間と溶融亜鉛めっきの腐食量との間に高度の相関が認められたことから、P.J. Sereda⁹⁾がTime-of-Wetnessとして高い相対湿度(80%R.H.以上)が金属の腐食にとって非常に大きな要因であると述べているように、溶融亜鉛めっきの大気腐食にとって高い相対湿度が最も重要な腐食因子として作用している。

しかし、相関関係が認められたからといって環境因子がそれぞれ単独で腐食を支配しているわけではなく、J.R. Duncan⁷⁾が大気中のSO₂は相対湿度が高いほど金属表面に多く吸着されると述べているように、因子相互の相乗効果を考慮しなくてはならない。この観点から暴露結果と環境因子との關係をみると、大気汚染質の亜硫酸ガス及び海塩粒子は腐食促進因子として大きく影響しているが、気象因子との関連特に相対湿度、降水との相互關係のもとに大きな腐食促進作用を発揮していることが明らかである。

5. 結 論

8か所で亜鉛めっきの大気暴露試験を行った結果、亜鉛めっきの大気腐食について、次の知見を得た。

(1) 大気腐食は暴露環境により異なり、大きな地域差がある。この地域差は暴露期間が長くなるほど顕著になる。

Table 6 Coefficient of correlation between corrosion loss and environmental factors

Exposure Time	Factor	Temper- ature	Relative Humidity	Precip- itation	Sulfur Oxide	Sea Salt
Kinds of Coating						
3 Months	Elect. Zn 5μm	0.09	0.19	0.37**	0.44**	0.44**
	(Chromate 13μm	0.08	0.12	0.39**	0.49**	0.41**
	Treated) 20μm	0.08	0.13	0.36**	0.52**	0.36**
	Hot-dip Zn 50μm	0.39**	0.53**	0.38**	0.02	0.21
6 Months	Elect. Zn 5μm	-0.02	-0.10	0.33	0.72**	0.29
	(Chromate 13μm	-0.00	-0.07	0.36 *	0.71**	0.30
	Treated) 20μm	-0.01	-0.11	0.33	0.74**	0.32
	Hot-dip Zn 50μm	0.03	0.04	0.22	0.14	0.25

3 Months : n = 63
6 Months : n = 31

** : 99% Significant
* : 95% Significant

Fig. 3 Correlation between weight loss of elect. Zn (20μm) in atmospheric corrosion and mean value of sulfur oxide for 3 months.

Fig. 5 Correlation between weight loss of Hotdip Zn in atmospheric corrosion and total value of wetness-time by dew-fall and precipitation for 3 months.

Fig. 4 Correlation between weight loss of Hot. Zn in atmospheric corrosion and mean value of relative humidity for 3 months.

- (2) 大気腐食は暴露時期（季節）によって大きな相違がある。太平洋側の地域では5月～10月の相対湿度の高い高温期の腐食が多く、日本海側の地域では11月～4月の低温期でも比較的相対湿度の高い時期での腐食が多い傾向が認められる。
- (3) 暴露地域特有の環境因子の影響が、大きく大気腐食を左右している。その環境因子は相対湿度、硫黄酸化物及び海塩粒子である。
- (4) クロメート処理した電気亜鉛めっきの腐食は、硫黄酸化物、海塩粒子及び降水量と相関がある。
- (5) 溶融亜鉛めっきの腐食は、3か月暴露では気温、湿度、降水量とそれぞれ相関があるが、6か月暴露になると相関関係が認められなくなる。また、結露及び降水による表面のぬれ時間と高度の相関がある。
- (6) 硫黄酸化物及び海塩粒子は亜鉛めっきの大気腐食

にとって大きな促進因子であるが、その促進作用は高い相対湿度との相互関係により顕著になる。

報告を終るに当り、研究遂行上暴露場所の提供、並びに試験片管理、環境因子の測定に終始積極的に御協力をいただいた、山形工業試験場、新潟工業技術センター、三重金属試験場、呉工業試験場、日本防錆技術協会、日本ウェザリングテストセンターの各機関並びに担当者に厚く感謝いたします。(1980—12—8 受理)

(腐食防食協会, '74春期大会にて発表, 1974. 5.)

文 献

1) 尾間一彦, 菅野照造, 植木質, 平井陽一; 各種金属材料および防錆被覆の大気腐食に関する研究, 金属被覆の10年の結果, 防食技術, 12, 67 (1963)

2) 日本防錆技術協会中部支部調査研究実行委員会; 屋外暴露試験及び腐食促進試験報告書概要(IV); 防錆管理, 9, [3] 16 (1965)

3) 鍍金技術研究会; 電気めっきの大気暴露試験と各種迅速腐食試験に関する研究, 第1報 (1969)

4) *ibid.*, 第2報 (1970)

5) 鈴木正文, 小山斎; 銅の大気暴露生成物の解析, 本誌, 24, 668 (1973)

6) P.J. Sereda; Weather Factors Affecting Corrosion of Metal, ASTM, STP(558), 7 (1974)

7) J.R. Duncan, D.J. Spedding; The Mode of Initial Reaction of SO₂ at a Metal Surface, *Corr. Sci.*, 14, 241 (1974)

金属英語の活用辞典

(1981年版)

676ページ 5,800

大谷南海男, 市川理衛, 美浦康宏, 福富斌夫 共編

金属英語の辞典としては、すでに「金属用語集」(日本金属学会), 「金属術語辞典」(アグネ) など10数種類の辞典が発刊されている。しかし、これらの本は表題の通りに辞典であるので英語と日本語が対になっているだけである。このような用語辞典を英語の初心者が使っていると誤りを犯す恐れがある。例えば、日本語の漢字でも「橋」と「端」, 「箸」がある。一方, 「剥げる」とか「剥ぐ」の英語としては *peel*, *be worn off*, *scale off*, *stripped* などがある。どのような文章でどの英単語を用いるべきかの問題が生じる。このような問題に答えてくれるのが、本年4月に発刊された「金属英語の活用辞典」である「剥げる」の例を下に示す。

^は剥げる A badly bonded metal will *peel* cleanly from its backing./The paint *has peeled* (*fallen*) away in places./*be worn off*, *scale off*.

^は剥ぐ The chromium was *stripped* by dissolving the copper cathode in nitric acid.

単なる英語辞典としてばかりではなく、金属技術者の英作文の教科書にもなるであろう。

編者の1人である大谷南海男先生が金属表面工学の専門家であるためか、金属表面処理関係の用語も多く含まれている。Anodizingとか Sealingというアルマイト専門用語も出ているが、Integral Coloring までは出ていない。

(芝浦工業大学 佐藤敏彦)

(株)化学同人

〒607 京都市山科区西野野色町5-4

☎ 075 (592) 6649