

火山噴出物による金属材料の腐食

出雲 茂人

1. はじめに

桜島火山活動の活発化、長期化に伴って、日常生活のいろいろな面で、その影響が現れており、またその対策も種々措られているところである。特に農業関係にあつては、降灰対策事業として、疎菜園芸は勿論、果樹園芸等にもビニール被覆ハウスが採用され、その設置面積も増えつつある。

しかしながら、ハウスの骨材（フレーム）の金属パイプ等が極めて短期間に腐食損傷しているところから、その腐食の状況を調査し、併せて今後の対策を検討する目的で現地暴露試験を実施したので1年経過した時点でその概要をまとめてみた。

2. 暴露試験の方法等

これまで一般に採用されている屋根かけハウスを設置し、これに各種の表面処理鋼管を組み

込む形で現地暴露試験を実施した。

テストピースの製作にあたっては、従来使用されている亜鉛引き鋼管をベースに使用することを原則としたが処理工程で不都合の生ずるものは適宜肉厚等を変更した。

1) ハウス設置場所及び暴露開始日時

鹿児島市野尻町 S60, 1, 16

(以下野尻町と呼ぶ)

垂水市本城（果試圃場内） S60, 1, 16

(以下垂水市と呼ぶ)

鹿児島市上福元町（農試圃場内） S60, 1, 16

(以下上福元町と呼ぶ)

2) 試験片の種類及び形状

①めっき処理品 5種類

②塗装処理品 5種類

③ライニング処理品 5種類

寸法（ $\phi 17 \sim 22$ ） $\times 2000 \text{ mm}$ （10A $\sim$ 15A）

表1 供試材料一覧

No.	名 称	仕 様 そ の 他
金属被覆処理	1 溶 融 ア ル ミ	240 g/m ² 以上
	2 溶 融 ア ル ミ	240 g/m ² 以上+ウレタンクリアー（20 $\sim$ 30 μ ）
	3 溶 融 亜 鉛	400 g/m ² 以上
	4 溶 融 亜 鉛	500 g/m ² 以上
	15 亜鉛めっき（従来品）	200 g/m ² 以上+クリアーラッカー
塗装処理	5 水 性 塗 料	クリアーラッカー 15 $\sim$ 25 μ
	6 水 性 塗 料	単彩色（青） サビ止め 20 $\sim$ 30 μ 上 塗 20 $\sim$ 30 μ
	7 エポキシウレタン系塗料	単彩色（青） プライマー } 80 $\sim$ 100 μ 中塗・上塗
	8 金属粉末系塗料	エポキシ系 (SUS 316系) プライマー 50 $\sim$ 60 μ 上 塗 40 $\sim$ 50 μ （ $\times 2$ ）
	9 セラミック粉末系塗料	エポキシ系 プライマー 50 $\sim$ 60 μ 上 塗 40 $\sim$ 50 μ （ $\times 2$ ）

樹脂ライニング処理	10	塩化ビニル系	緑色 (接着剤なし)	鋼管肉厚 1.4 m/m 樹脂層 1.2 m/m
	11	塩化ビニル系	緑色 (接着剤あり)	鋼管肉厚 1.4 m/m 樹脂層 1.2 m/m
	12	ポリエチレン系	黄色 (市販品)	鋼管肉厚 0.5 m/m 樹脂層 0.5 m/m
	13	塩化ビニル系	青色 (市販品)	鋼管肉厚 0.5 m/m 樹脂層 0.5 m/m
	14	塩化ビニル系	青色 (市販品)	鋼管肉厚 0.5 m/m 樹脂層 0.5 m/m
備 考				

それぞれの供試材の概要を以下に述べる。

①めっき処理品

通常の亜鉛めっき処理鋼管では耐食性が確保出来ないことから溶融亜鉛めっき処理鋼管を用いた。この場合処理温度が高いため、肉厚を大にする必要があり、それぞれの処理温度に耐える肉厚の鋼管をめっき処理して供試材とした。

②塗装処理品

従来用いられている亜鉛引き鋼管を脱脂清浄して塗装した。後日の維持管理が容易となるように水性塗料をも含めて供試材とした。

③ライニング処理品

前述の塗装品と同様従来使用されている亜鉛

引き鋼管を用い脱脂清浄化の後、コーティング処理を実施し供試材とした。

3. 試験結果と考察

1) 表面の腐食状況の概況

ハウス製作に使用した従来型のパイプの錆の発生状況は、試験開始直後は垂水市、上福元町ではハウスパンドによる擦れ傷部及び止め金具との接触部に僅かに見られる程度であるが野尻町では同部分よりも被覆フィルムの端末部に多数発生し、そこを起点として流れた様に拡大している。(表1)

14か月目(61年3月)の調査では野尻地区に

表2 パイプ腐食の概況

(2か月経過)

調査地	錆発生部位と程度
野 尻 町	1. シーム部(溶接面)にうす錆発生
	2. フィルム端末部に赤錆の発生大(アーチパイプの40%強に発生)
	3. ハウスパンドとの接触部に赤錆発生
垂 水 市	1. シーム部にうす錆発生
	2. フィルム端末部の亜鉛メッキ面の光輝
上福元町	1. シーム部に斑点状のうす錆発生
	2. フィルム端末部の亜鉛メッキ面の光輝及びメッキ面の摩耗損傷の進んだ部分にはうす錆発生
	3. ハウスパンドとの接触部にうす錆発生

おいてはアーチパイプの90%、横パイプの76%に錆が発生していた。

ハウスに組み込んだ供試材表面の目視観察は、3か月毎に実施した。塗膜の剥離や錆発生開始時期等に若干の差は認められたが、1年後の外観状況を表4にまとめて記載した。

表 3 錆の発生状況

(14か月経過)

調査地	アーチパイプ		横パイプ	
	錆の大きさ	発生率	錆の大きさ	発生率
野尻	17.4cm	90.0%	5.2cm	76.1%
垂水	3.1	9.4	0.8	25.9
上福元	4.5	50.8	2.2	58.1

(備考) アーチパイプ66本, 横パイプ64本の平均値

表 4 材料別腐食損傷状況

(12か月経過後)

	No.	地 区	上福元 ・ 垂 水			野 尻		
		名 称	錆		そ の 他	錆		そ の 他
			止 め 金具部	その他 の部分		止 め 金具部	その他 の部分	
金属被覆処理	1	溶 融 ア ル ミ	△	△		×	×	肌 荒 れ
	2	溶 融 ア ル ミ	△	△		×	×	肌 荒 れ
	3	溶 融 亜 鉛	△	×		×	×	黒褐色に変色
	4	溶 融 亜 鉛	△	△		×	×	黒褐色に変色
	15	亜鉛めっき（従来品）	△	△		×	×	
塗 装 処 理	5	水 性 塗 料	×	△		×	×	剥 離
	6	水 性 塗 料	×	○		×	○	
	7	エポキシ・ウレタン系塗料	×	△	剥 離	×	△	剥 離
	8	金属粉末系塗料	△	○	肌 荒 れ	△	○	剥 離
	9	セラミック粉末系塗料	×	△	肌 荒 れ	×	△	肌 荒 れ
樹脂ライニング処理	10	塩 化 ビ ニ ル 系	×	○		×	○	
	11	塩 化 ビ ニ ル 系	×	○		×	○	
	12	ポ リ エ チ レ ン 系	×	○		×	○	
	13	塩 化 ビ ニ ル 系	×	○	退 色	×	○	退 色
	14	塩 化 ビ ニ ル 系	×	○	退 色	×	○	退 色

2) 地区別腐食速度と環境因子

調査期間中、三地区における降灰量(表5参照)には、大きな差がありその量は野尻>垂水>上福元となっているが、表3に示すように錆の発生面積は野尻>上福元>垂水となっている。

このことは、金属の腐食速度が降灰時の季節の影響を強く受けることを顕著に示している。即ち、垂水市と上福元では降灰の時期が大きく異なり垂水では秋～冬に集中するのに対し、上福元は夏期に多い。元来金属の腐食速度は、温度と湿度に大きく左右されることから夏期の高湿多湿時に降灰が集中する上福元の錆の発生面積が大きくなることになる。

表面層の錆の発生面積は、もらい錆の要因もあるため上述の順位であるが、年間を通じての亜鉛の腐食量はやはり降灰量の多い順に野尻>垂水>上福元の順になり野尻町は他の2か所に比べ腐食速度が著しく速いことが明らかとなった。(表8 表9)

降灰は金属表面に堆積しただけでも毛細管凝縮現象によって結露を促進し、隙間腐食、通気差腐食によって腐食を促進するが、更にその降灰中に吸着吸蔵されている酸性の可溶性成分のために腐食が一段と促進される。

即ち、結露、雨水等による水分の補給があれば電解質溶液の生成が行われ後述のガス体と同様の反応を惹起することは容易に考えられるところである。

このため通常は考えられない異種金属の接触腐食等を惹起するケースも考慮される。

又、降灰は相当硬度が高く、形状も割に尖った面が多いため、これによる研磨作用によって金属表面が摩耗損傷し、腐食を促進することになる。

この降灰の堆積の影響も後掲Vernonのデータからある程度予測できる。

一方、火山ガスの影響を考えると、垂水地区

の測定データがないので正確な比較はできないが、火口からの距離等を勘案すると、野尻>垂水>上福元の順になると思われる。

(表6、表7参照)

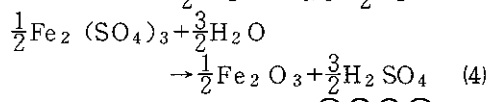
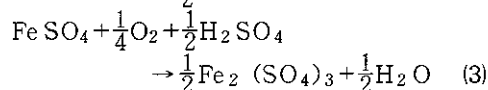
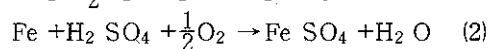
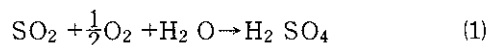
野尻地区は、火口からの距離も近いので火山ガスの影響をまともに受けると考えられるのに対し、上福元町は火山ガスの影響もさることながら、意外と都市化の影響を強く受けていることが判る。

又、この火山ガス(SO₂)の異常値の発現した日の時刻による濃度変化を野尻地区でみると(図2参照)

夕刻から深夜にかけて高濃度の測定値が多くみられる。これは、夕刻から夜間にかけて地表温度が降下すると共に逆転層ができガス成分を押し上げ拡散させていた上昇気流の力が弱まるためと思われる。(放射冷却現象)このことは、金属の腐食が夜間の結露時に火山ガスの影響を強く受けることを示唆している。

この亜硫酸ガスに随伴する腐食性のガスは塩化水素(HCl)、弗化水素(HF)等があり、これらの濃度は、それぞれ亜硫酸ガス濃度の2/10～8/10及び2/100～9/100もあるとされている。これらの腐食性ガスの中でたとえば亜硫酸ガスを例にとってみると、その腐食反応は以下ようになる。

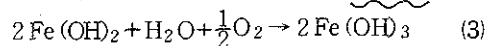
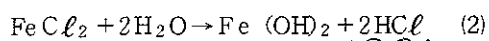
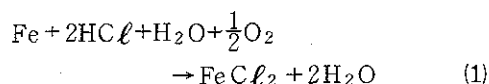
空気酸化及び水分の補給によって、



以上の式において、H₂SO₄は見掛け消費されておらず、これが自己触媒的作用をして腐食が進行すると考えられる。

希硫酸中に浸漬した鉄に比較して腐食反応は穏やかであるのは、大気腐食の場合のように、乾／湿が繰り返される環境においては腐食反応の大部分は、材料表面が湿の状態にある時に進行するためと考えられている。

又、塩化水素（HCl）の場合も同様であり



のサイクルで腐食は進行しHClは反応の前後で見掛け消費されず錆を早める作用が持続されるのは、亜硫酸ガスと同様である。

図1は、イギリスのVernonによって求められたものであるが相対湿度70%で急速に腐

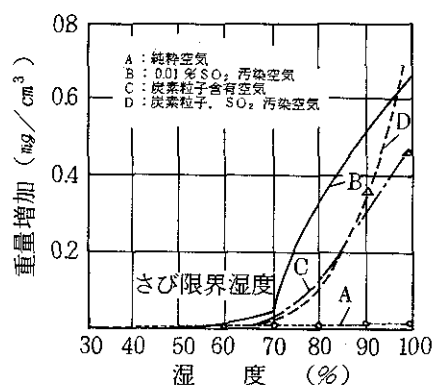


図1 湿度と亜硫酸ガスが鉄の腐食度に及ぼす影響

食速度が大きくなることを示している。またこの図は降灰の微粒子が腐食を加速する要因となり得ることをも示している。

表5 降灰量 (ton/km²)

(注1)

	野尻	垂水	上福元	噴火回数	噴煙
60. 1	1158	2445	5	32	20
2	459	2050	3	43	15
3	8100	892	151	57	20
4	17454	647	136	40	12
5	1193	52	26	11	5
6	11158	59	165	34	10
7	29067	69	403	62	32
8	45551	12	898	25	10
9	2073	466	11	63	30
10	1284	823	33	54	28
11	278	312	10	38	24
12	122	1887	3	78	
計	117897	9714	1844	537	206
平均	9824.7	809.5	153.6		

表 6 SO₂ 降下の概況（鹿児島市野尻町）（注 2）

項 目	月	S 59年		S 60年					
		11月	12月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
有 効 測 定 日 数 (日)		10	31	31	28	31	30	31	30
月 平 均 (ppm)		0.011	0.007	0.002	0.004	0.019	0.006	0.016	0.029
0.1 ppmをこえた時間数 (時間)		9	12	0	1	46	2	37	64
0.04 ppmをこえた日数 (日)		1	2	0	1	6	0	3	5
1 時 間 値 の 最 高 値 (ppm)		0.260	0.421	0.009	0.133	1.0	0.182	0.315	0.770
日 平 均 値 の 最 高 値 (ppm)		0.040	0.043	0.003	0.048	0.127	0.024	0.101	0.189

項 目	月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	8 月までの計
有 効 測 定 日 数 (日)		31	31	2	7	30	9	284
月 平 均 (ppm)		0.015	0.044	故 障	0.035	0.011	0.004	—
0.1 ppmをこえた時間数 (時間)		29	123	障 害	19	13	0	323
0.04 ppmをこえた日数 (日)		2	13	(台 風)	2	4	0	33
1 時 間 値 の 最 高 値 (ppm)		0.470	0.480		0.380	0.375	0.049	—
日 平 均 値 の 最 高 値 (ppm)		0.218	0.187		0.102	0.083	0.010	—

注) 9月以降台風被害により観測器が不調となった。

表 7 SO₂ 降下の概況（鹿児島市上福元町）（注 3）

項 目	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	計
有効測定日数 (日)		31	28	31	30	31	30	31	30	9	26	27	28	332
月 平 均 (ppm)		0.009	0.016	0.018	0.025	0.027	0.023	0.016	0.030	0.004	0.017	0.018	0.013	—
0.04 ppmをこえた日数		0	2	1	4	5	4	2	7	台風 0	3	3	1	32
1 時 間 値 の 最 高 値 (ppm)		0.027	0.041	0.102	0.178	0.189	0.160	0.101	0.176	0.008	0.049	0.096	0.044	—

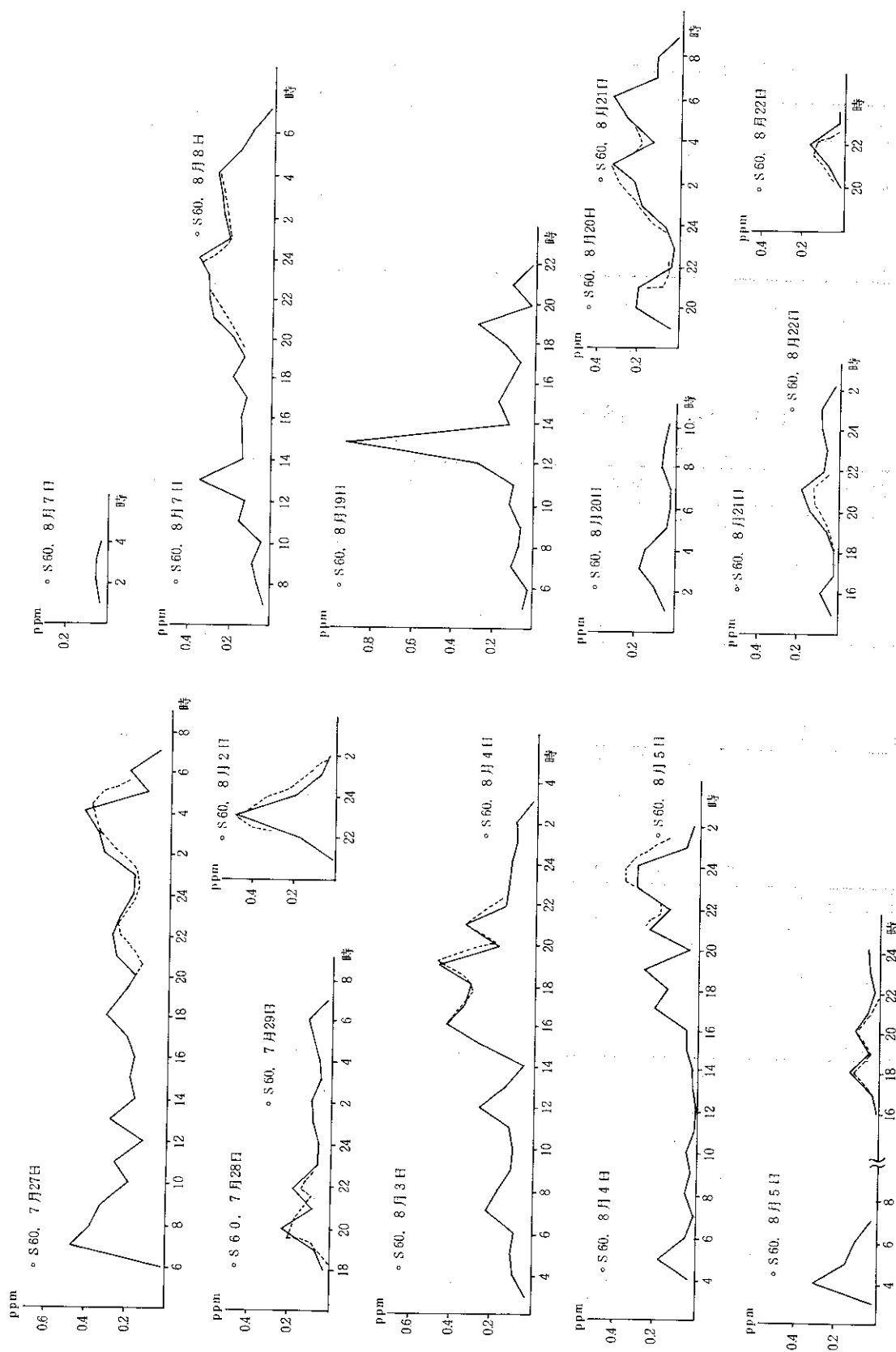


図 2 SO_2 濃度の経時変化 (例) (注 4) 図中の点線は
誤植のため抹消

表 8 ビニペットの亜鉛めっきの腐食状況（昭和59年11月～60年6月）

調査地	付着量	腐食減量	残存率	腐食速度	期間中の降灰量	
室内保管	(90.3)g/m ²	- g/m ²	100.0%	-	-	-
野尻町	59.6	30.7	66.0	3.37	40,159	80.6
垂水市	78.4	11.9	86.8	1.30	8,867	17.8
上福元町	81.2	9.1	89.9	1.00	498	1

（備考）。試験法：一定寸法に切断した供試材の表面を酸洗し、溶解した亜鉛を原子吸光分析法で測定し、付着量及び残存量を算定した。

表 9 パイプの腐食状況（昭和60年1月～61年1月）

亜鉛めっき鋼管

調査地	付着量	腐食減量	残存率	腐食速度	期間中の降灰量	
室内保管	(295.1)g/m ²	- g/m ²	100.0%	-	-	-
野尻町	1913	103.8	64.8	7.20	117,976	63.7
垂水市	280.5	14.6	95.0	1.01	9,858	5.3
上福元町	280.7	14.4	95.1	1.00	1,852	1
川崎(注1)		35				
(注2)						
横浜(鶴見)		40.1				

注1 陸防研報告書 金属防蝕技術便覧P439

注2 JISH8641(1982)

溶融アルミめっき鋼管（昭和60年1月～61年1月）

調査地	付着量	腐食減量	残存率	腐食速度	期間中の降灰量	
室内保管	(166)g/m ²	- g/m ²	100.0%	-	-	-
野尻町	136	30	81.9	3.75	117,976	63.7
垂水市	149	17	89.7	2.13	9,858	5.3
上福元町	158	8	95.1	1.00	1,852	1

（試験法）

。亜鉛

JISH0401塩化アンチモン法（間接法）

。溶融アルミ

JISH8672水酸化ナトリウム法（間接法）

（備考）パイプ外面のめっき付着量のみを求めるためパイプ内面に樹脂を充填して内面の影響を除外して試験した。

3) 腐食箇所のマイクロ分析

降灰及び火山ガスの影響を最も強く受けると思われる野尻地区で暴露した溶融アルミめっき及び溶融亜鉛めっき鋼管の表面の観察と切断面の分析を行った。試料採取位置はそれぞれ変色、発錆のひどい部位とした。

(使用機器、走査型電子顕微鏡E M A X - 8 7 0 0 加速電圧30K V・堀場製)及び(J S T M - T 20 S 日本電子製)で表面の微細形状を観察し写真撮影をした。

又、同時にX線分析を行い、元素分析状態を調べた。(なお、常法によって表面に金をスパッタし導電性を賦与した。)

そこで以下のようなことが明らかとなった。

①溶融アルミめっき鋼管

④表面の結晶粒子が暴露前に比較して粗大化し、平滑性が失われている。(photo Na1 Na5)

⑤Fe-Al合金層には特に変化は見られないがアルミ層はほとんどポーラスとなり浮き上がっている。(photo Na2 Na4)

⑥残存しているAl及びFe-Alの合金層には、Na, Cl, O, S等のイオン分布は認められな

い。(photo Na8 Na9 Na10 Na11)

②溶融亜鉛めっき鋼管

④表面の結晶粒子が大きく成長しているのは前述のアルミと同様である(photo Na12 Na16)

⑥残存する亜鉛めっき層(多分に塩基性炭酸亜鉛を主成分とする層を含むと思われる)には、Na, Cl, S, Oの存在が、確認されなおかつほとんど均一に分布している。

(photo Na19 Na20 Na21 Na22)

これらのことから、アルミと亜鉛のめっき層を比較すると、アルミめっき処理鋼のFe-Al合金層には、外部からのイオンの侵入が困難なことが判る。

更に亜鉛層に存在するNa, Cl, Sのイオン強度を比較するとイオン半径の最も小さなNaが深く侵入しやすい状態にあることも判る。

以上のことから、アルミと亜鉛の耐食性を検討すると、外部からの腐食性の強いイオン等の侵入阻止能力の点からみて、アルミの方が耐食性保持の機能を長時間持続できるものと考えられる。

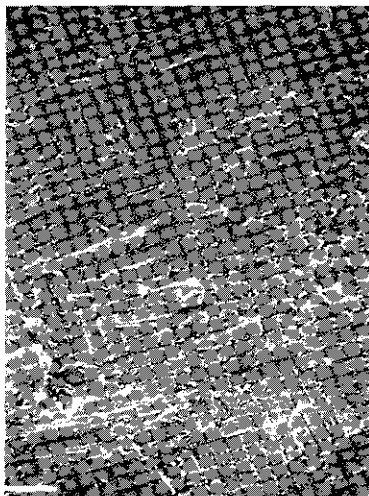


photo Na1 (未暴露)
溶融アルミめっき鋼管表面

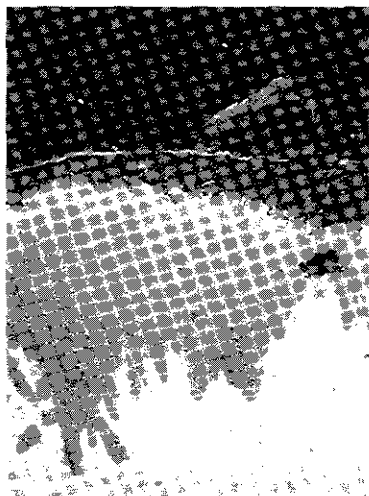


photo Na2 (未暴露)
溶融アルミめっき鋼管切断面

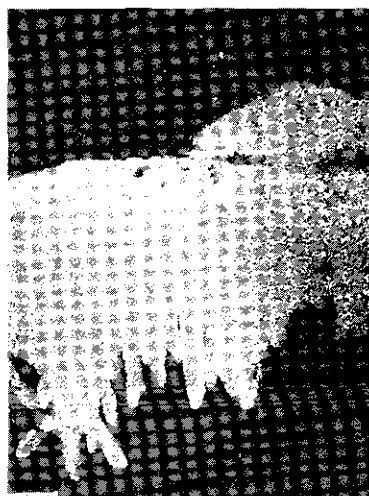


photo Na3 (未暴露)
溶融アルミめっき鋼管切断面
A I 分布

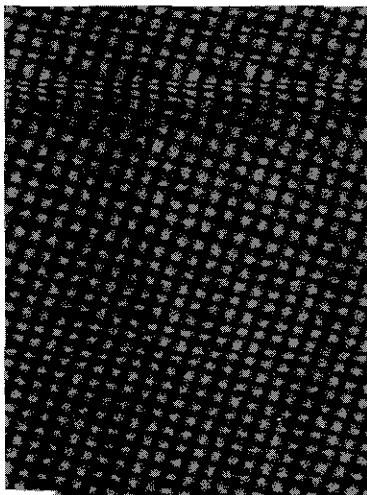


photo No. 4 (未暴露)
溶融アルミめっき鋼管切断面
O分布

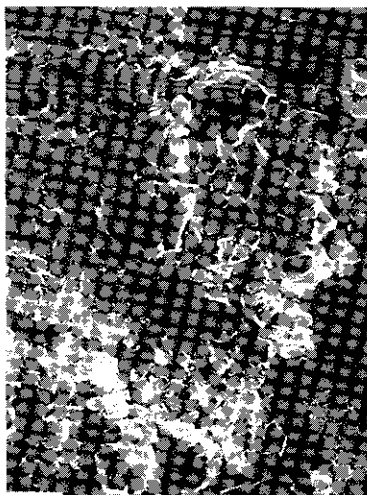


photo No. 5 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管表面

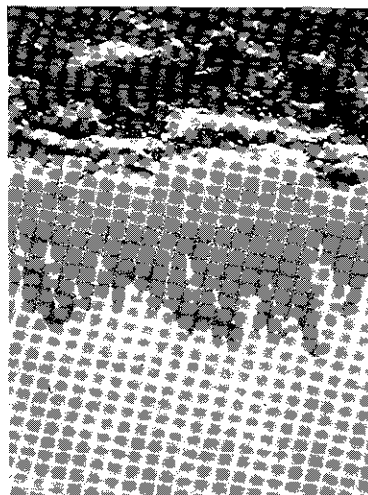


photo No. 6 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面

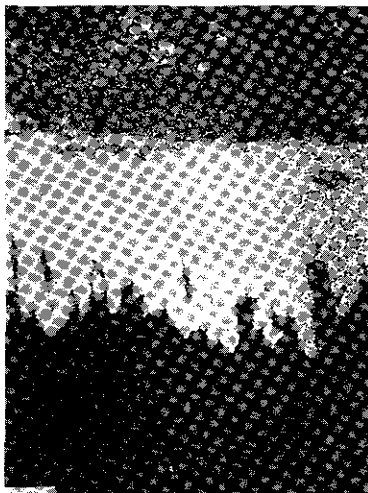


photo No. 7 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面
Al分布

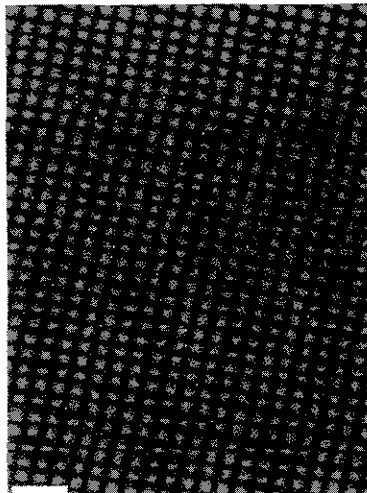


photo No. 8 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面
Na分布

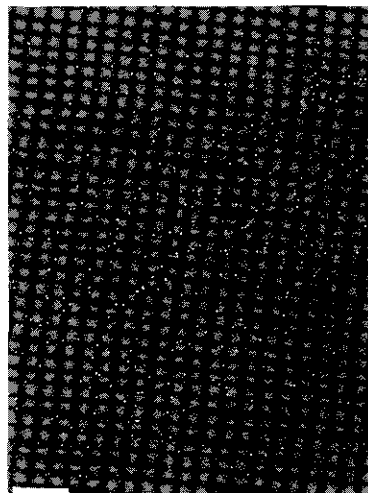


photo No. 9 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面
Cl分布

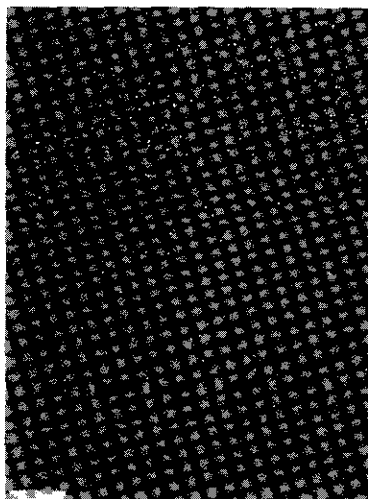


photo №10 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面
O分布

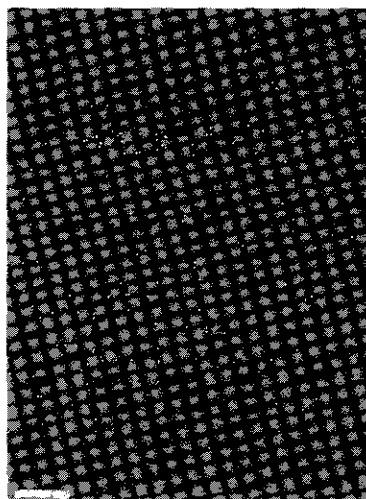


photo №11 (暴露1年後)
溶融アルミめっき鋼管切断面
S分布

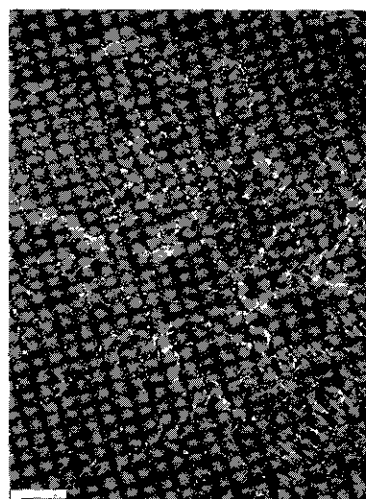


photo №12 (未暴露)
溶融亜鉛めっき鋼管表面

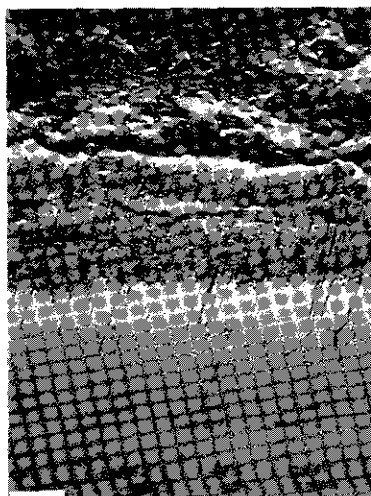


photo №13 (未暴露)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
O分布

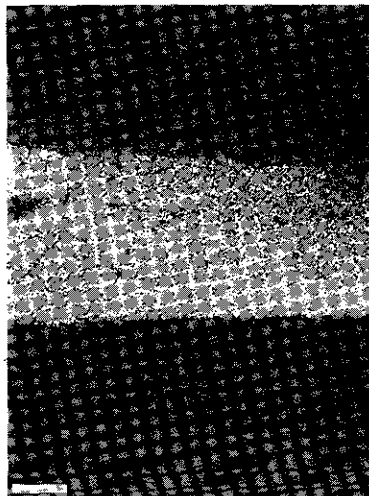


photo №14 (未暴露)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
Zn分布

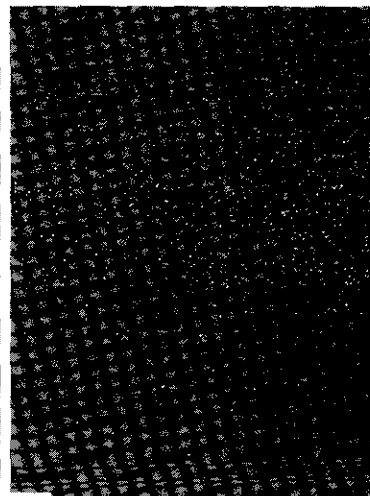


photo №15 (未暴露)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
O分布

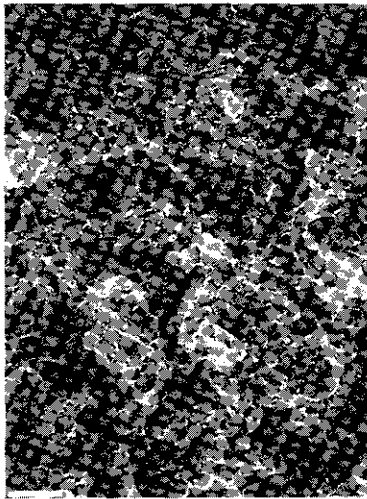


photo №16 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管表面

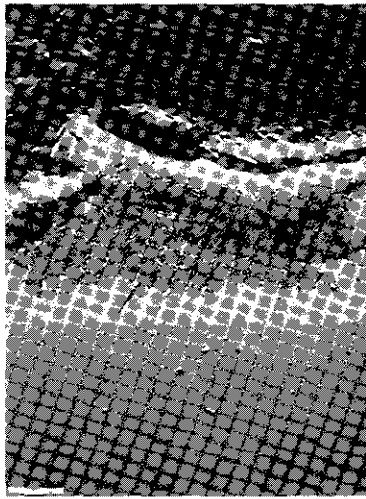


photo №17 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面

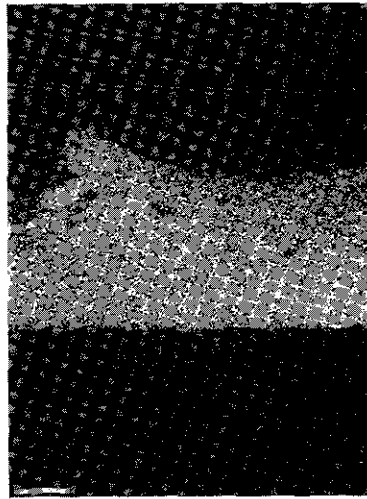


photo №18 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
Zn分布

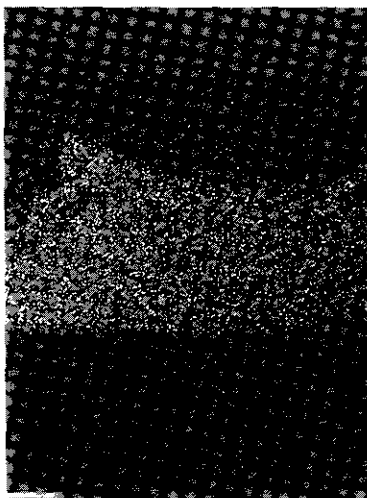


photo №19 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
Na分布

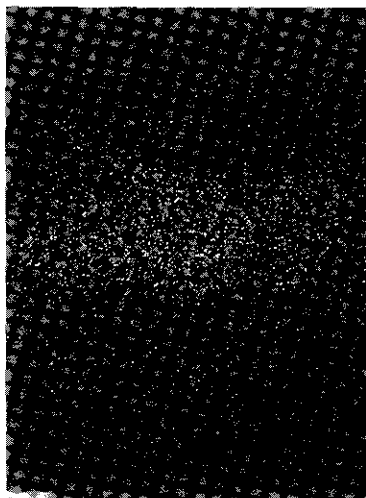


photo №20 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
Cl分布



photo №21 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面
O分布

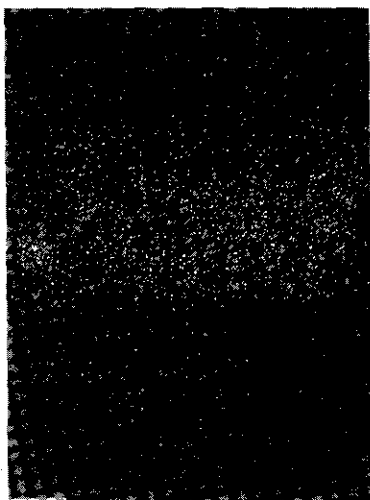


photo No.22 (暴露1年後)
溶融亜鉛めっき鋼管切断面S分布

4) 促進試験

降灰の堆積、付着による腐食の促進効果は可成り大きいと考えられるが、野尻地区での腐食速度が前述のように極めて大きいことから降灰中あるいは火山ガス中のSO_x単独の影響は勿論であるが、海塩粒子との相乗作用があることも予測される。

即ち、降灰及び火山ガス中のSO₂から生成されるSO₄と海塩粒子としてのNaClが湿潤状態においてNa₂SO₄を形成すると思われる。

NaCl/Na₂SO₄混合溶液中では、それぞれ単独の塩溶液の場合より亜鉛についての腐食速度がきわめて大きいことが報告されている。

このことを確認する目的で以下の実験を行った。

①30g/l NaCl ②30g/l Na₂SO₄・10H₂O

③15g/l NaCl+15g/l Na₂SO₄・10H₂O

の3種の塩溶液を用意し、それぞれ2ℓずつを試験槽に入れ、試験片を懸垂浸漬した。

期間中エアーポンプで毎分1.5ℓの空気を底部から吹き込んだ。

所定時間経過後、試験片を取り出し除錆後重量減を測定した。(表10)

表10 各種塩溶液中での金属の腐食(7時間)

Solution	腐食減量(g/m ²)	
	Zn	Fe
30g/l NaCl	1.9	15.8
30g/l Na ₂ SO ₄ ・10H ₂ O	2.3	15.9
15g/l NaCl + 15g/l Na ₂ SO ₄ ・10H ₂ O	2.4	17.0

・除錆法 鉄(酸洗) 亜鉛(ブラッシング)

・試験片寸法 $\left\{ \begin{array}{l} \text{鉄} (100 \times 50 \times 0.6 \text{ mm}) \\ \text{亜鉛} (100 \times 50 \times 0.5 \text{ mm}) \end{array} \right\}$

僅か7時間の浸漬試験ではあるがNaCl/Na₂SO₄混合溶液の腐食速度が最大となっていることは前記の相乗効果を裏付けるものと考えられる。

5) 色差、光沢度の測定

塗装、及びライニング処理鋼管については色差及び光沢度を参考までに測定したが、それぞれの系によって、使用される樹脂の種類が異なることから厳密な意味での比較はできなかった。

ハウス設置場所の地形、あるいはハウスの設置方向の関係から、試料面の方位が指定できなかったこともあり、割にバラツキていた。

供試材の中では緑色、青色、茶色などが、Lab △E Gross共に割合地区別の格差も小さかった。

(使用機器 スガ試験機株製

カラーコンピューター○型)
SM-4

表 11 塗膜等の色差、光沢度変化

No.	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	No. 14
色調	水色	水色	灰色	薄茶	緑色	緑色	黄色	青色	青色
	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E	Lab △ E
野尻	42	441	368	236	22	209	205	695	135
	5.1	28	295	175			25	135	125
垂水	205	155	482	193	3.1	226	0.76	999	365
	855	325	433	195		2.6	295	145	14
上福元	334	288	322	249	3.1	511	605	528	367
	93	275	34	18		3	25	13	125

まとめ

今回暴露試験に供した材料は、一部を除き複合皮膜の形成がなされている。即ちめっきの種類が異なることはあってもその上に塗装あるいはライニング処理のシステムとなっている。

材料別腐食状況 表8 および表9

で見るとおり、3調査地間において腐食状況はかなり異なった。上福元町と垂水市との腐食損傷の差は少なく、野尻町において腐食の進行が著しかった。なかでも、めっき処理品の腐食の地区間での差が大きく、めっき処理単独での防錆効果の向上は期待できないものと思われた。

塗装処理品は、地区間で若干の差はあるものの比較的防錆効果は高かった。どの地区でも最も効果の高かったのは樹脂ライニング処理したものであった。

1) めっき処理鋼管

亜鉛めっき、あるいはアルミめっきの如何を問わず、野尻地区のように降灰とガスの双方の影響を強く受ける地区では、めっき皮膜単独では長年月の使用に耐えない。

EPMAの分析結果から、腐食を促進させるイオンの侵入度合が亜鉛とアルミで極端に異なるところからアルミめっき皮膜の方が亜鉛めっきに比較して、耐食性が期待できるし、これに耐食性のある樹脂系を用いてオーバーコートとして塗装処理を施し、複合皮膜を形成させるなら、更に長期間の防錆効果が得られよう。

2) 塗装処理鋼管

塗料の種類に関係なく、一層のみの処理では耐久性に劣る。又止め金具との摩擦などによる機械的塗膜の破壊などが無いとすれば可成りの耐久性が期待できる。

3) ライニング鋼管

外観の目視観察の比較表を見ても判るとおり、一部退色の著しいものもあるが総じて劣化は少

なく、使用方法如何によっては可成りの耐久性が期待できる。

ただし、止め金具等との接触による擦傷の部分からの腐食の進行は避けられない。

4) いずれの材料を使用するとしてもハウス自体の構造を考慮することが必要であろう。

④適材適所の組合せの検討

(使用部位による材種の変更)

⑤止め金具その他材料の固定法の検討

5) 腐食速度を地区別に見ると野尻の最大値は別として、垂水市のそれと鹿児島市の間で降灰量に大きな差があるにもかかわらず、その腐食速度にあまり差が見られないのは垂水市側で夏場の高温多湿の時期に降灰が少なく冬場に集中しているためと考えられる。

降灰の堆積による腐食促進作用については前述したが、腐食速度が温度と湿度に左右されることを考え併せると低温、低湿の時期の降灰は金属の腐食に左程大きな影響を与えないと考えられる。

7. 今後の対策の考え方

1) 背景

特異な環境条件の中にあつて当該地域における金属の腐食速度が、文献最大地（国内暴露試験データ）の2.5～3.0倍もあることが判った。（野尻地区）

三地区のハウスの腐食損傷の状況から考えると、腐食の要因は大略以下の事項に整理される。

- ①灰汁（雨水等による降灰の水洗水、抽出液）による腐食
- ②降灰の堆積による直下部の乾湿交番と隙間腐食
- ③ビニールシートによる機械的摩耗による表面の損傷
- ④乾湿交番とガス腐食の相乗効果
- ⑤ビニールシート固定用バンドによる共ずれ、隙間腐食
- ⑥ビニールシート固定用パッカーとの隙間腐食その他
- ⑦風送塩による腐食
- ⑧搬送、加工工程での表面の損傷部からの腐食

2) 対策の考え方

①腐食性因子の遮断

経済性から、アルミ、亜鉛めっき等が採用されることになるが、上述の極端に大きな腐食速度を考え併せると

- a) めっき+塗装
- b) めっき+ライニング

等の複合皮膜の形成によって対応することが必要であろう。

又、降灰の付着、堆積を抑制するために複合化で用いられる塗料、樹脂等は無極性のものを使用すれば、更に効果的であろう。

②機械的摩耗の防止

被覆材としてのシートとの摺れ、あるいは部材同志の接触摩耗の防止を考慮する。

- ①使用部材の位置による組み合わせの検討
- ②止め金具等のライニング処理
- ③ハウスの構造そのものの検討
（摺動部分の減少対策やパイプ固定法など）

3) 対策の詳細

①耐候性樹脂の採用

耐薬品性樹脂であるウレタンの上にオーバーコートとしてアクリル系をかけるなど耐候性の増大をはかることによって紫外線等による皮膜の劣化を防止することを考える。

②皮膜の密着性の向上

塗膜及びライニング層の密着性の向上、塗装系では、下塗を電着塗装で処理する。又、ライニング系では中間層として接着剤層を設けるなどして、それぞれの密着性を向上させ、皮膜下の腐食の伝播を防止する。

③皮膜の欠陥発生の排除

ポリエステル、弗素系チューブ等をライニング材として採用することによって、ピンホール等の欠陥を最少限にする。

④耐摩性樹脂層の採用

摩耗が予測される部材にガラスフレーク入りの塗料等を用いて耐摩耗性を向上させる。

⑤止め金具、補強金具等の改善

従来のプレス加工品、あるいは建築金具等をそのまま転用するのではなく、ライニング処理等の実施、材種変更、めっき仕様の指示などを明確にし機械的皮膜の欠損防止をはかる。

⑥耐候性のある色調の採用

塗料ライニング材の色調については耐候性を増大するために黒色、灰色、緑色などを採用する。

⑦パイプ接合部の改善

直管部とアーチ部とのパイプの接合部は出来る丈、塗膜あるいはライニング皮膜を損傷することのないよう細心の注意を払うと共にその接合部からの雨水の浸入を抑制するために、充填剤等を使用してシールする。

⑧組み立て時の現地補修の徹底

ハウスを組み立てる時にライニング、コーティング皮膜を損傷したら直ちに補修すること。

⑨損傷時の応急措置の徹底

激甚地区においては皮膜等のフレームの錆の発生は避けられず、発生した場合の迅速な補修が必須の作業となる。

8. おわりに

本実験については、鹿児島県果樹試験場 藤崎満 栽培研究室長 同東明弘研究員ならびに県農業試験場園芸部 加藤善啓主任研究員の多大の協力を得た。感謝の意を表したい。

参考（引用）文献

（注１） 鹿児島県果樹試験場調査

（注２）（注４） 鹿児島県農業試験場調査

（注３） 日本たばこ産業（株）鹿児島試験場調査

その他

金属防蝕技術便覧 （日刊工業新聞社刊）