

火山噴出物による金属材料の腐食

ー ビニールハウスフレームの腐食の現況と今後の対策 ー

出雲茂人

1. はじめに

桜島火山活動の活発化に伴って、日常生活のいろいろな面で、その影響が現われており、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調査を実施したのでその概要をまとめてみた。

2. 現地調査

- a) 調査日時 昭和59年4月5日
- b) 調査地点 野尻、黒神、高免地区
- c) 調査対象 降灰対策事業ビニールハウス

3. 金属材料の腐食の概況

(1) 野尻地区

〔事例1〕（昭和58年7月設置、9ヶ月経過）
錆の発生部位は、被覆ビニールの末端にあたる軒先部（photo №1）に定形的に集中している。その他の場所にもスポット的に錆の発生は認められた。

又、ビニール固定用バンドとの接触部及びパッカー固定部はほとんど錆を発生している。

腐食部の分布を見るに、火口側、海岸側に区分してそれぞれ85本のパイプがあるが、その中で海岸側に30本の健全なパイプが残存しているのに対し、火口側は僅かに5本であった。

ハウス内部はまだほとんど腐食していない。

〔事例2〕（昭和57年5月設置、1年11ヶ月経過）

全体的に錆の発生が見られ、ハウス内部も相当腐食が進行している。（photo №2, №3, №4）

ビニール末端の軒先部、ビニール固定用バンドとの接触部、パッカー固定部等の錆の発生状況は前述の〔事例1〕と同様である。

(2) 黒神地区

〔事例1〕（昭和56年6月設置、2年10ヶ月経過）

全体的に錆の発生が認められる。ビニール固定用バンドとの接触部及びパッカー固定部等の隙間腐食の状況が明日に確認できる。（photo №5, №6, №7）

又、固定用バンドとの接触部の中には、腐食のため素材の一部が欠落している箇所も認められた。（photo №8）

更に降灰の堆積部では、乾湿交番と隙間腐食による腐食の促進作用があることがはっきり認められた。（photo №8）

(3) 高免地区

〔事例1〕（昭和59年2月設置、2ヶ月経過）

ビニール末端の軒先部、ビニール固定用バンドとの接触部、パッカー固定部その他スポット的にウズ錆が発生。（photo №9, №10）

〔事例2〕（昭和58年9月設置、7ヶ月経過）

全体的にウズ錆が発生しているが、特にビニール末端の軒先部からの腐食が激しいのは他の地区と同様である。（photo №11, №12）

4. 腐食発生の要因

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替と隙間腐食
- 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乾湿交替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

5. 腐食を促進する環境条件

桜島火山活動に関する種々の資料から、上記三地区を比較してみると

- (注1)(注3)
①降灰量に関しては、時期的にバラツキはあるものの 黒神>高免>野尻
(注2)(注3)
②亜硫酸ガス濃度に関しては、高免地区のデータがないので比較できないが、野尻>黒神であり、ガス道の影響をも多大に受けているといえる。
- ③風送塩（海塩粒子）については、桜島が鹿児島湾内にあり、波浪の高い日がきわめて少ないことや、台風通過の機会が最近少ないことなどから、その影響度は可成り小さいといえる。又、三地区のハウスの設置場所が海岸からの距離において大きな差異がないことから、地区間での影響差は殆んどないと思われる。

6. 火山噴出物と腐食の関係

①腐食性ガスの影響

昭和57年9月から58年12月までの16ヶ月間の亜硫酸ガスの測定値の中で、大気汚染防止法に定める環境基準（0.04 PPM）を越す時間

濃度を示した日数は、黒神地区で13日、野尻地区で40日もある。

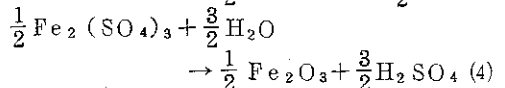
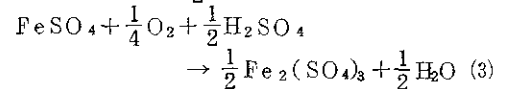
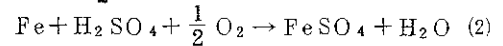
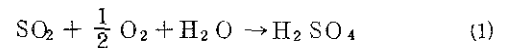
又、0.1 PPMを越す濃度を示した時間数は黒神地区82 hr に対し野尻地区444 hr に達している。

更に時間最高値は、黒神地区で0.322 PPM、野尻地区では、1 PPMを越している。(注3)

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のようになる。

空気酸化及び水分の補給によって

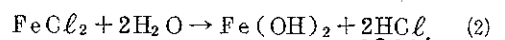
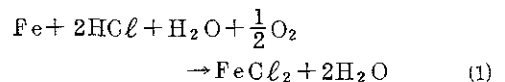


以上の式において、 H_2SO_4 は見掛け消費されず、これが自己触媒的作用をして腐食が進行すると考えられる。

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/湿が繰り返えら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。

次図は、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（%）で急速に腐食速度が大きくなることを示している。

又、塩化水素（HCl）の場合も内様であり、



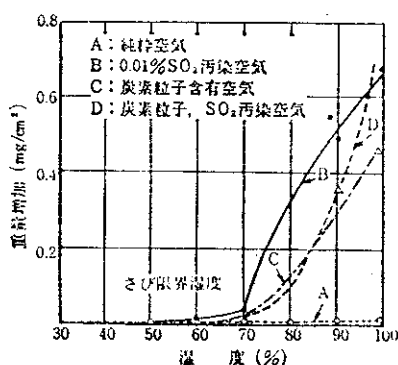
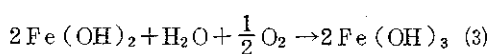


図1 湿度と亜硫酸ガスが鉄の腐食度に及ぼす影響



のサイクルで腐食は進行しHClは反応の前後で見掛上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。

②降灰の影響

火山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、更にその火山灰中に吸着吸蔵されている酸性のガス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①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、火山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。

この火山灰の堆積の影響も前掲Vernonのデータからある程度予測できる。

7. 今後の対策

前項に述べた火山噴出物の性状等から考えると硫酸にとりわけ強くない亜鉛、鉄等是不都合であることが判る。耐希硫酸性のある鉛、アルミ、ス

テンレス鋼等は、ガス体に関しては、相当耐食性が期待できるがこれも堆積物の影響を考慮すると完全とはいえない。

要するに初期に生成する錆層の保護性にかかっているといえる。

一般に金属材料の耐候性は

- i) 腐食による厚さの減少
 - ii) 外観の劣化
 - iii) 腐食生成物によるその材料自体の特性の変化または隣接物への影響
- の三つの観点がある。

当該ビニールハウスの場合 i), iii), が大きく評価されることになる。即ち材料その物の機械的強度の低下は勿論であるが、錆層が生成したために被覆材のビニールシートが破損するという副次作用を惹起する。

以下に各種金属材料の定常的腐食速度の比較を表1に又、各種金属被覆類の防錆効果の比較を図2、表2に示す。

これらのデータから、材料にある程度の順位をつけることは可能であるが、当該地区が火山活動に伴う極めて、特異な環境であるだけに、現地における暴露試験を実施して、当該環境に対応出来る耐食材料で、なおかつ経済性の評価にもこたえられる材料を選定するのが最も望ましいことである。

ちなみに今回調査した三地区の中で高免地区の材料は他と異って溶融亜鉛めっきを施したものであり、その付着量は400g/m²以上を確保出来ておりさらに、硫酸銅試験でも良好な結果を与えた材料であった。

この材料は、一般には、表3に示すように重工業地帯でも9年間は耐食性があるとされているものである。

勿論、備考欄にもあるようにその耐用年数のとらえ方、考え方にも問題はありますが、当該地区では種々の要因が複雑に絡みあって部分的ではあるが、

表1 種々の金属の定常腐食速度(10年目)

(単位: mil/y)

	工業地帯 (New York市)	臨海地帯 (La Jolla)	田園地帯 (State College)
アルミニウム	0.032	0.028	0.001
銅	0.047	0.052	0.023
鉛	0.017	0.016	0.019
すず	0.047	0.091	0.018
ニッケル	0.128	0.004	0.006
亜鉛 (99.9%)	0.202	0.063	0.034
亜鉛 (99.0%)	0.193	0.069	0.042
炭素鋼	0.38*	—	—
耐候性鋼 (0.4Cu, 0.16P, 1.1Cr)	0.04*	—	—

* Kearey. N. J. の値

僅か2ヶ月で赤錆の発生している所があった。

これらの現象を考慮すると、経済性及び材料確保の問題はあるが、表4に示す金属被覆の特徴等をも加味して材料選定を行うと同時に耐食性を高めるために金属被覆材の上に更に有機皮膜処理を施した各種の複合被覆材の採用なども併せて検討するなど基礎的な情報収集が必要であろう。

同時にビニールハウス自体の構造も再検討し、たとえばビニールシート固定用バンド、パッカーの装着法などを含めて耐食性向上にも留意した仕様にすべきだと思われる。

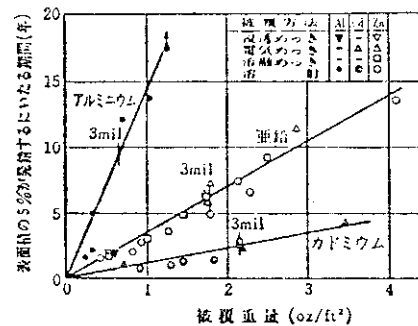


図2 金属被覆鋼の寿命と被覆重量との関係(ただし被覆重量は片面に付着している重量)

表2 金属被覆類の防錆効果比較表（表中の数字はRating Numberを示す）
(注7)

期 間 暴露地区 種 類		1 カ 年 暴 露						3 カ 年 暴 露						5 カ 年 暴 露					
		海岸地域		内地 陸域		工 地 業 域		海岸地域		内地 陸域		工 地 業 域		海岸地域		内地 陸域		工 地 業 域	
		御 前 崎	枕 崎 島	高 山	帯 広	川 (日本鋼管)	東 (石川島)	御 前 崎	枕 崎 島	高 山	帯 広	川 (日本鋼管)	東 (石川島)	御 前 崎	枕 崎 島	高 山	帯 広	川 (日本鋼管)	東 (石川島)
		崎	島	山	広	崎	京	崎	島	山	広	崎	京	崎	島	山	広	崎	京
電気めっき類	E-Sn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	E-Cr	1	1	4	4	5	1	2	1	1	4	3	1	1	1	2	2	1	1
	E-Cu	1	5	2	4	4	2	4	1	2	3	4	3	1	1	1	2	3	1
	E-Ni	2	5	5	5	5	1	2	2	4	3	3	1	1	1	4	4	2	1
	E-Cd	5	5	5	5	5	1	3	5	5	5	5	1	1	5	5	5	5	1
	E-Un	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	4	5	5	5	5	1
	E-Zn	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1
溶融めっき類	G-Sn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	G-Al	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	G-Zn	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5
金 属 溶射類	M-13Cr	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	1
	M-Sn	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	1	3	3	3	4	5	1
	M-Pb	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	3	3	3	4	5	5	1
	M-Cd	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	1
	M-Zn	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	2
	M-Al	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5

R. N. 5 : 素地からのさび発生のないもの

4 : 10%以下のさび発生

3 : 11~30%さび発生

2 : 31~70%さび発生

1 : 71~100%さび発生

5 カ年暴露金属被覆試験片平均被覆厚さ

(単位:)

暴露地区		御前崎	枕 崎	高 山	輪 島	帯 広	川 崎 (日本鋼管)	東 京 (石川島)
電気めっき類	Sn	22.2	19.2	19.2	21.6	24.4	17.6	20.0
	Cr	17.6	22.4	17.4	15.4	18.2	17.0	19.8
	Cu	19.4	19.6	21.0	16.0	18.0	15.4	21.4
	Ni	9.0	10.2	10.8	12.0	11.0	10.4	11.0
	Cd	23.0	19.0	16.2	18.8	15.8	21.0	19.6
	Un	21.4	20.6	15.8	15.4	18.4	17.2	17.8
	Zn	20.8	19.4	25.0	23.4	22.6	20.6	15.0
溶融めっき類	Al	25	42	61	61	46	56	40
	Zn	32	47	45	43	40	39	41
金 属 溶射類	Al	63	93	76	75	82	85	76
	13Cr	57	56	60	63	48	63	67
	Sn	94	78	65	65	55	60	70
	Pb	115	114	49	115	115	109	102
	Cd	56	57	58	80	65	59	68
	Zn	57	57	55	67	59	63	56

(注) 1. 表の値は試験片表裏各5点を測定しその平均値を示した。

2. Unとはユニクローム (Znめっき後クロメート処理) を意味する。

表3 亜鉛めっきの推定耐用年数

(注8)

めっき 付着量 大気ばく 露環境	400g/m ²		500g/m ²		600g/m ²		600g/m ² (やけ)	
	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)	腐食量 (g/m ² /年)	耐用年数 (年)
重工業地帯	40.1	9	40.6	11	40.1	13	18.1	30
海岸地帯	10.8	33	10.9	41	10.8	50	11.5	47
郊外地帯	5.4	67	5.2	86	5.2	104	5.2	104
都市地帯	17.4	21	17.7	25	17.7	30	17.5	31

- 備考 1. 上記の数値は、社団法人日本溶融亜鉛鍍金協会による10年間(昭和39年~昭和49年)の大気ばく露試験結果から計算した。
2. ばく露地：重工業地帯は横浜市鶴見工業高校，海岸地帯は伊良湖岬測候所，郊外地帯は奈良気象台，都市地帯は東京大学工学部で試験を行った。
3. 推定耐用年数は、めっき皮膜の90%が消耗するまでの期間として示した。

表4 金属被覆の特徴

(注9)

金属名	アルミニウム	亜鉛	錫	鉛
元素記号	Al	Zn	Sn	Pb
比重	2.70	7.14	5.80	11.3
融点(℃)	660	420	232	328
被覆法	溶融めっき 溶射	溶融めっき 溶射，電気めっき	溶融めっき 溶射，電気めっき	溶融めっき，溶射， 電気めっき，ホモゲ ン，ライニング
防錆機構	電気化学的犠牲 防食	電気化学的犠牲 防食	空気中ではSnはFeより貴で，犠牲防食作用はないが，酸性食品の液中では電位が逆になり，犠牲防食作用がある。	犠牲防食作用はないがPbの耐酸性を利用
被覆品の 特徴	亜鉛被覆より，耐熱性，耐候性が優れ，海岸地帯，工業地帯の耐食性が亜鉛被覆よりも高い。	アルミ被覆より犠牲防食作用が強く，ピンホール，亀裂部，切断部の防錆作用がアルミニウムよりも高い。	食品と接して無害，ハンダ付性良好	耐酸性が高く，深絞性がよい。 ハンダ付性良好

〈参考文献 出典〉

- 注1 鹿児島県農業試験場調査
- 注2 同上
- 注3 火山ガス等に関する調査報告書(要約) 国土庁 昭和57年11月。
- 注4 W. H. J. Vernon : Trans , Faraday Soc 27, 255. (1931)
- 注5 "Symposium on Atmospheric Corrosion of Non Ferrous Metals" ASTM
Special Tech. Pub.. No175 (1955)
- 注6 J. C. Hudson 編: "6 the Report of Corrosion Committee." Iron &
Steel Inst, Special Report, No66 (1959) 955.
- 注7 中村, 尾間, 菅野, 平井: 防蝕技術16 467 (1967)
- 注8 J I S H 8641 (1982)
- 注9 腐食防食技術講習会テキスト(鹿児島県機械金属センター昭和58年7月)
- その他 たとえば
火山噴出物の材料劣化におよぼす影響に関する基礎研究(松元弘己)
(昭和58年3月, 鹿児島工業高等専門学校)

野尻地区

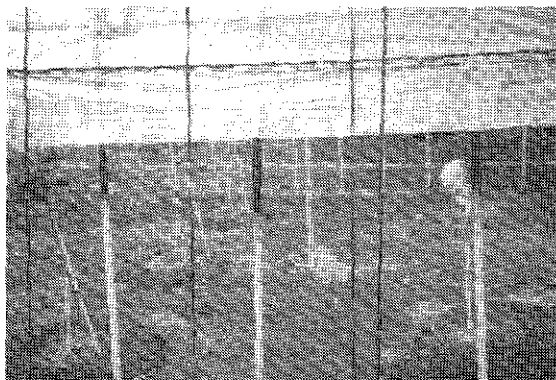


photo №1 (昭和58年7月設置)

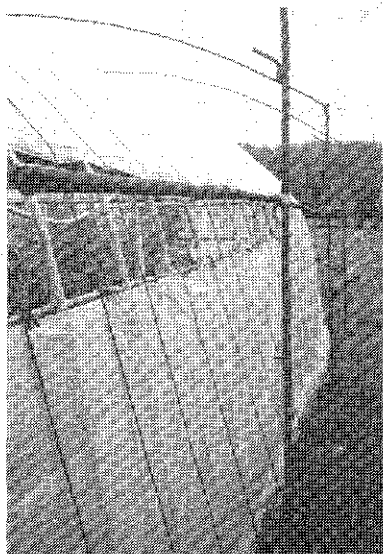


photo №2
(昭和57年5月設置)



photo №3
(昭和57年5月設置)



photo №4 (昭和57年5月設置)

黒神地区



photo №5
(昭和56年6月設置)

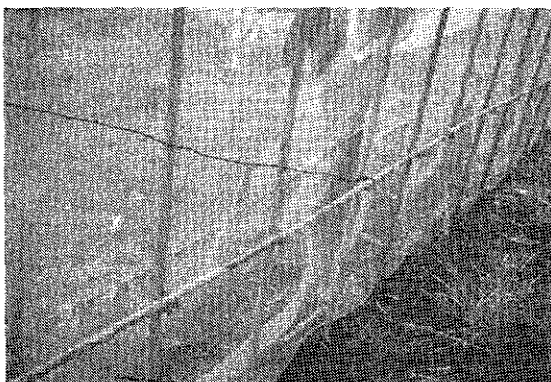


photo №6
(昭和56年6月設置)

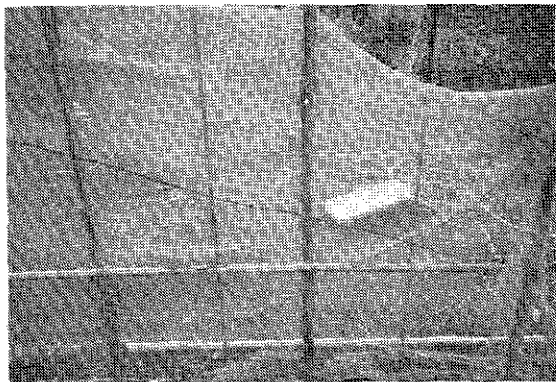


photo №7
(昭和56年6月設置)



photo №8
(昭和56年6月設置)

高免地区

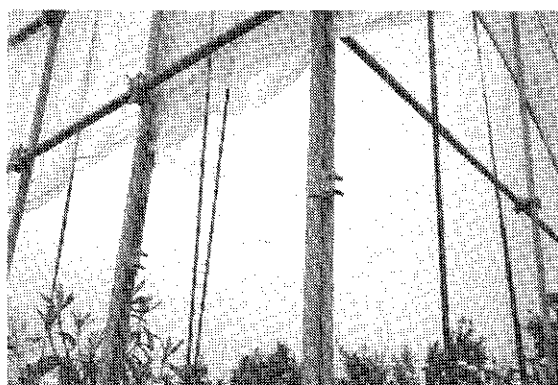


photo № 9 （昭和59年2月設置）
（溶融亜鉛めっき鋼管使用）



photo №10（昭和59年2月設置）
（同上）



photo №11 （昭和58年9月設置）

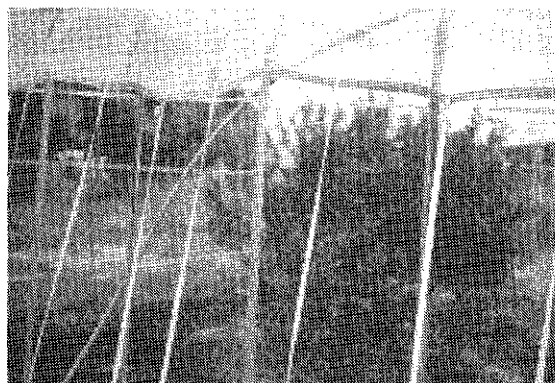


photo №12 （昭和58年9月設置）