

シリコン・コンパウンド塗布面の 耐塩砂じん特性について

菊 地 光 一

Characteristics of Silicon Compound Used as Surface Coating against
Salt or Sand.

Kouichi Kikuchi

(昭和47年10月31日受理)

1. はしがき

送配電の絶縁系統の塩じん害防止のために、耐塩じん害防止用シリコン・コンパウンド（以下コンパウンドと呼ぶ）をがいしの表面に塗布する方法が実用化されつつあるが、裏日本特有の飛砂じんや、塩雪のコンパウンド特性に対する影響については十分な資料が得られていない。これまでにシリコン類塗布面における飛砂の影響を中心に、(1)供試砂のぬれ特性、(2)各種絶縁面におけるサージ電流回数と FOV 特性、(3)シリコン、ラバーとコンパウンドの耐塩、耐飛砂特性の比較、(4)飛砂の速度が塗布面に与える影響等についての実験室における結果についてはすでに報告した。1).2).3)

これまでの結果、シリコン、ラバーとコンパウンドの比較では飛砂、重汚損の場合における FOV 測定値等からコンパウンドの優位性が認められたので、今年度はコンパウンド塗布面のみを対象に、屋外暴露試験の FOV の特性追求と厚み効果や寿命判定等の基礎資料を得ることを目的として、二三の実験をしたのでその結果について報告する。

2. 実験装置ならびに方法

実験回路は〔図1〕のとおりで、供試料は、50×100×5mmの硬質ガラスに厚さ1mmの銅またはアルミの半円（半径20mm）電極2個を試料面上に対向させ、電極間隔を50mmにしたものを基板にしコンパウンドをスプレーで所定の厚さに塗布したものである。

またシリコン、コンパウンドはA社KS63Gを用いた。電圧印加法は1KV/10Sの段階昇圧法を採用し、FOVは10回測定し、その最低値をとった。（実験ふんい気および汚損液については前報と同様である。）

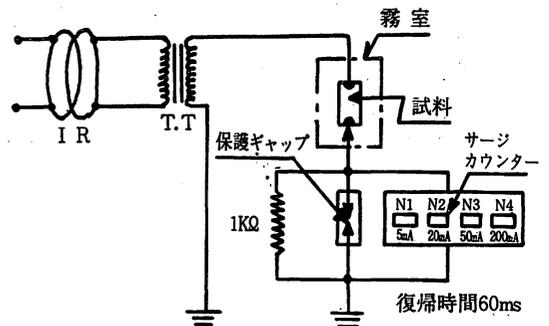


図1 実験回路

2.1 屋外暴露実験

暴露試験は基板に0.5mmまたは1mm厚さにコンパウンドを塗布し、飛砂の影響を受け易い秋田高専の校地内に地上50cmの高さにつりさげて無課電暴露した。無課電暴露開始は、昭和47年1月1日で現在も暴露中であり、コンパウンド塗布面の経月変化や気象条件、たとえば晴天や、雨等の場合のFOV測定値に対する検討を中心に調査中である。

2.2 供試料面に付着した水滴の接触角

供試料面に水滴0.02ccを注射器で三か所に滴下し、試料面が水平に撮影できるように三眼筒式顕微鏡を配置して顕微鏡写真の結果より、三か所の接触角（接触角は水滴の自由表面が試料面と合する場所で液面と固体面とのなす角で水滴の内部にある角をとった。）を求めて、その平均をとり、試料の接触角とした。

2.3 供試料の塗布厚さの効果

基板に0.3mm、0.6mm、1mm厚さにコンパウンドを塗布し、特定の条件におけるFOVを求めて厚み効果

を比較した。

2.4 50回測定における FOV 最低値の出現頻度

『がいしの人工汚損試験法』は電気学会高電圧試験専門委員会がその実施基準を出しているが⁴⁾、コンパウンド塗布面の人工汚損はがいしの場合と汚損面の電気的特性が異なるので、FOVの測定を行なう場合に何回測定してその最低値を求めるかが問題となる。

そこで同一試料について50回測定し、その最低値が何回めの測定時に出現するかを求めて検討した。

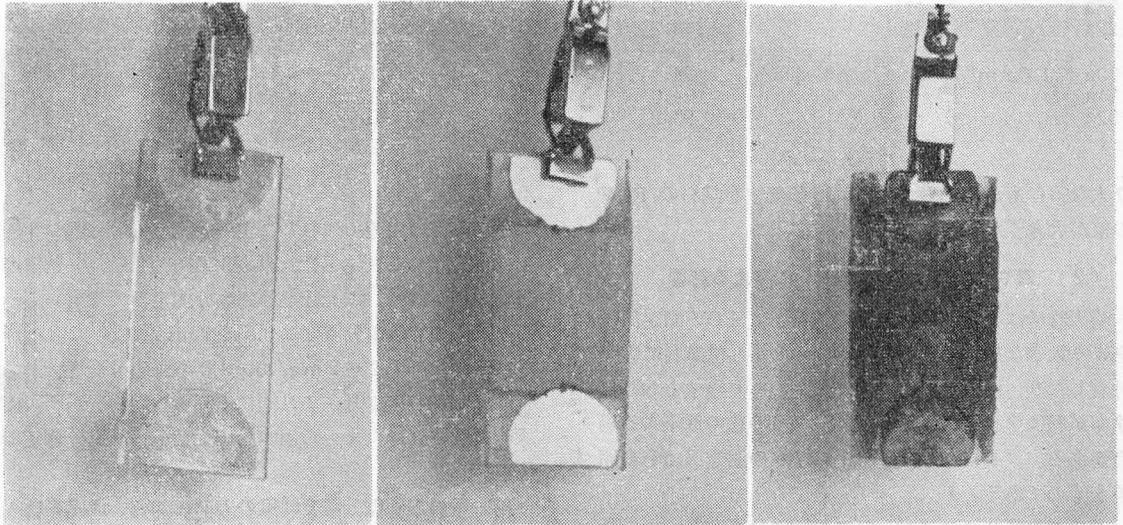
3. 実験結果と考察

3.1 屋外暴露実験

〔表1〕 暴露した供試料の FOV (○は大気中, ×は霧室中)

供試料	FOV	FOV (KV)							
	月日	47.1.1	47.1.1	47.1.2	47.1.7	47.1.8	47.7.5	47.7.14	
0.5mm 塗布	平均	27.0	26.1	22.7	27.3	25.7	14.7	24.1	
	最高	29.0	27.5	24.0	29.0	26.0	17.8	25.6	
	最低	25.0	24.5	22.0	26.0	25.0	12.0	22.0	
1.0mm 塗布	平均	30.0	27.9	26.7	29.0	29.0	16.8	25.5	
	最高	30.0	28.6	28.0	32.0	32.0	19.0	26.0	
	最低	30.0	27.4	26.0	26.0	26.0	13.0	24.0	
基板無塗布		30.0	26.0	9.0	27.0	8.0	6.2	20.8	
備考		塗布直後晴天	晴天	粉雪付着晴天	晴天	雨直後雨天	晴天	晴天	
		○	×	○	○	○	×	×	

〔表1〕は屋外に無課電暴露した供試料の代表的 FOV の測定結果である。飛砂の付着状態の一例は〔図3〕C。



a. 暴露前 無塗布試料
 b. 暴露2日めのコンパウンド塗布試料 (厚さ 1.0mm)
 c. 暴露6か月後のコンパウンド塗布試料 (厚さ 1.0mm)

図3. 屋外暴露前後試料の状況

昭和48年2月

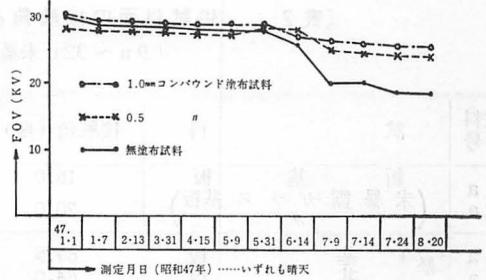


図2 屋外暴露試料の FOV 変化 (霧室中)

に示すとおりで、約6か月程度では塗布2日めに比較してかなりの砂じんの付着が認められる。

暴露実験の結果を次のような観点から考察する。

(1) 暴露日数の増加による供試料の FOV の変化

〔図2〕は暴露試料の経月変化を示したもので、いずれも晴天時における1.0mmと0.5mm塗布試料および無塗布試料それぞれ5このFOVの平均値を示してある。

暴露日数が増加するにつれて、コンパウンドは砂じんの付着量が増加し、FOVも漸次下降を示す。また無塗布試

料も表面が汚損されて FOV が漸次低下する。約7か月以降はコンパウンドに砂じんの付着量がかな

[表2] 供試料面の接触角とFOVとの関係
(9a~32a 未暴露霧室中にて実験)

試料番号	試料	接触角(度)	FOV(KV)	備考	
1a	新基板 (未暴露ガラス基板)	16.0	25.0	約7か月秋田高専校地内に暴露 (飛砂の影響大)	
2a		20.0	26.2		
3a	暴露試料 基板 0.5mmコンパウンド塗布 1.0mmコンパウンド塗布	69.5	8.0		
4a		64.0	7.5		
5a		90.0	20.8		
6a		89.5	13.8		
7a		90.0	16.2		
8a		92.5	18.8		
9a		1.0mm厚 コンパウンド塗布	103.0		26.8
10a		〃	104.0		29.8
11a	0.6mm厚 コンパウンド塗布	101.0	28.2		
12a	〃	103.0	27.0		
13a	0.3mm厚 コンパウンド塗布	102.0	29.0		
14a	〃	103.0	27.0		
15a	0.3mm厚 コンパウンド塗布	94.0	26.4		0.6~1.8径の砂0.01g/cm ² ふりかけ後14日
16a	〃	95.5	27.6		
17a	〃	94.0	29.4		
18a	1.0mm厚 コンパウンド塗布	96.0	29.6	0.6~1.8径の砂0.01g/cm ² ふりかけ後14日	
19a	〃	96.5	26.8		
20a	〃	92.5	26.6		
21a	0.5mm厚 コンパウンド塗布	77.0	31.0	0.6~1.8径の砂0.01g/cm ² ふりかけ直後	
22a	〃	78.0	24.4		
23a	〃	78.5	26.8		
24a	1.0mm厚 コンパウンド塗布	81.0	27.0	0.6~1.8径の砂0.01g/cm ² ふりかけ直後	
25a	〃	80.5	25.0		
26a	〃	80.0	29.6		
27a	0.5mm厚 コンパウンド塗布	94.5	23.0	0.6~1.8径の砂0.12g/cm ² ふりかけ後14日	
28a	〃	94.0	24.8		
29a	〃	94.2	28.4		
30a	1.0mm厚 コンパウンド塗布	94.5	26.6	0.6~1.8径の砂0.12g/cm ² ふりかけ後14日	
31a	〃	94.0	24.4		
32a	〃	93.2	25.6		

り大なるにもかかわらず塗布試料と無塗布試料のFOVの差が大きくなる。

(2) 雪や雨が供試料のFOVに与える影響

晴天時には塗布試料と無塗布試料とはFOV測定値にあまり大きな相違は認められない。しかし供試料に雪が付着したり、雨天の場合は、[表1]にしめすとおり無塗布試料は塗布試料に比して著しくFOVの低下する場合がある。(47.1.2, 47.1.8, 47.7.5の測定例はその顕著なものである。)

雪や雨の降りはじめが一般に等価塩分濃度が大きいため、たとえば、これは大気中の化学的活性物質(塩、亜硫酸ガスなど)の影響と思われる。なお雨や雪の等価塩分濃度の大小は、FOVの低下の割合が大となる傾向があ

る。

秋田高専の周辺で採取した雪の等価塩分濃度は3~21.8mg/100ccであった。(昭和47年1月~3月秋田高専校内三か所で、山光社製等価塩分測定器で測定)

また雨の等価塩分濃度は0.5~2mg/100ccで雨の降りはじめは約1.2~2mg/100ccの等価塩分濃度であった。(昭和47年1月~7月間秋田高専校内三か所で雨天時に受け皿にたまった雨水を山光社製等価塩分測定器で測定。)

雨や雪の等価塩分濃度は風の方向、強さ、測定場所等によっても相違がある。

3.2 供試料に付着した水滴の接触角

供試料面の接触角とFOVの関係は[表2]のとおり



a. コンパウンド塗布直後 (1.0mm厚)

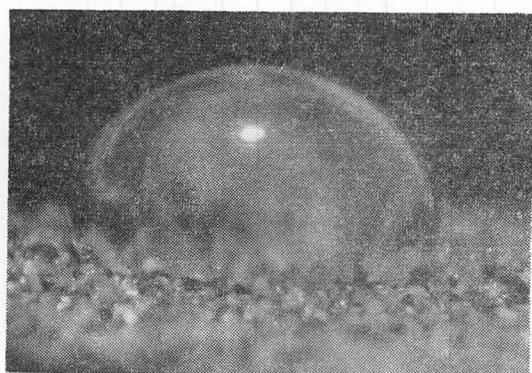
b. コンパウンド塗布後0.6~1.8mm径の砂
0.01g/cm²ふりかけ後14日め

図4 接触角の顕微鏡写真の例

である。また接触角の顕微鏡写真の例を〔図4〕に示す。

a例はコンパウンド塗布直後のもので接触角は大きい。b例は1.0mm厚コンパウンド塗布試料に砂(0.6~1.8mm径の砂0.01g/cm²)ふりかけ後14日めのもので、砂の表面はアメーバ作用でシリコンオイルの薄い皮膜ができており、接触角は砂ふりかけ直後のものに比較して大きい。

〔表2〕および〔図4〕より次のようなことが考察できる。

(1) 無塗布試料の暴露日数の経過にともなう接触角と FOV

無塗布基板は汚損されない清浄な試料は接触角が小さく FOV は割合に高い。また暴露したのものについては暴露日数が多くなるにしたがって表面が汚損して FOV は低下するが、接触角は表面汚損の進行にともなって増加の傾向を示し、無塗布基板では FOV と接触角は逆相関を示すことが認められる。

昭和48年2月

(2) コンパウンド塗布試料の接触角と FOV

コンパウンド塗布試料では、コンパウンド(0.3~1.0mm厚さ)塗布直後では101~104°程度の接触角を示し、撥水性が非常に高いことを示しており、暴露日数の増加にともない接触角は漸次低下する傾向がある。また砂(1.8~0.15径の砂0.01g/cm²)ふりかけ直後では接触角は71~81°程度でコンパウンド塗布試料の砂ふりかけ前に比較して接触角は小さく、時間の経過にともない、アメーバ作用の影響で接触角も漸次大きくなる。しかし約92°~96°程度で接触角の値は飽和する傾向がある。

〔表2〕のコンパウンド塗布試料について、(5aより32aまで)接触角と FOV との相関を求めた結果が〔表3〕のとおり有意な相関が認められる。

〔表3〕 接触角と FOV との相関性

試料	相関性	接触角(度)とFOV(KV)の相関性		
		相関係数	有意性	自由度
No5aより No32aまで		0.703	P<0.01	26

3.3 コンパウンド塗布試料の厚み効果

(1) 暴露実験試料について

0.5mm, 1.0mm厚さにコンパウンド塗布の暴露試料の FOV 測定結果では、約10か月程度で厚さによる顕著な相違は認められないが、1.0mm厚がわずかに高い FOV を示す傾向があり、重汚損による絶縁回復力が大きい。

(2) 実験室実験について

1.0mm, 0.6mm, 0.3mm厚にコンパウンドを塗布した試料が砂じんや、塩害等の汚損を受けない無汚損状態では、大気中でも霧室中でも FOV に、ほとんど相違は認められない。また飛砂を受けた直後や、その後の時間的経過にともなう FOV の測定値からも厚み効果を確認することはできない。しかし飛砂重汚損の場合は厚みの大なものほど絶縁回復力は大きく、厚み効果がある。

その一例は〔図3〕のとおりで、これは同種の試料5個について求めた FOV を示している。この結果より飛砂直後重汚損を受けた場合は、砂のおうとつがあるので付着した電解質溶液は砂の内部にまで浸透し、撥水性が悪く FOV の低下は著しい。また時間の経過にともないアメーバ作用の影響で、その絶縁は漸次回復するが一次汚損では約7時間程度で FOV 測定値は飽和状態となり、二次汚損でも一次汚損と同じような傾向をたどっ

て、絶縁力は回復していくが、一次汚損よりも低い値で飽和状態に達する。なお無塗布試料は霧室中の絶縁回復力はきわめて悪い。この調査から飛砂直後重汚損を受け、アミーバ作用で絶縁が回復するまでの間は厚み効果が確認できる。

(3) 試料塗布厚さによる S. D の比較

同一の試料について2秒間隔で連続50回 FOV を測定しそのばらつきを知るため標準偏差 (S. D) を求めた。その一を [表 4] に示す。

[表 4] FOV 50回測定における S. D の比較例

測定条件	大気中…… 6月19日測定 (塗布直後)		大気中…… 6月28日測定 (塗布後9日)		霧室中…… 6月28日測定 (塗布後9日)		
	S. D	S. D 平均値	S. D	S. D 平均値	S. D	S. D 平均値	
1.0mm厚	1 S	1,975		2,311		2,193	
	2 S	2,776		2,404		2,593	
	3 S	4,525	3,614	2,946	2,416	2,343	2,274
	4 S	5,002		1,541		2,046	
	5 S	3,792		2,877		2,198	
0.5mm厚	6 S	3,579		2,990		2,093	
	7 S	2,816		2,493		2,050	
	8 S	2,725	3,281	2,486	3,289	2,289	2,017
	9 S	4,874		3,108		1,422	
	10 S	2,413		5,408		2,233	

[表 4] の結果より 1.0mm厚さと 0.5mm厚さとして、大気中でも霧室中でも分散の差はほとんどなく、厚みによる SD の相違もほとんど認められない。

[表 5] FOV 50回測定における最低値出現ひん度

同一試料の 測定回数	出現度										合計 (%)
	大 気 中		霧 室 中								
	1.0mm厚 塗布試料	0.5mm厚 塗布試料	小 計	1.0mm厚 塗布試料	0.5mm厚 塗布試料	1.0mm厚 0.6~0.3砂	0.5mm厚 0.6~0.3砂	1.0mm厚 0.3~0.15砂	1.0mm厚 0.15以下砂	暴露 試料	
1回~5回		2	(2)	1	2	3	3	3			(12) 14 (22.94)
6回~10回	1	2	(3)		1	1	1			3	(6) 9 (14.75)
11回~15回	1	1	(2)	2				1		2	(5) 7 (11.48)
16回~20回	1		(1)	1			1			1	(3) 4 (6.56)
21回~25回					1			1			(2) 2 (3.28)
26回~30回	3		(3)	1	1	1			1	1	(4) 7 (11.48)
31回~35回						1					(1) 1 (1.64)
36回~40回	2	1	(3)						1	1	(1) 4 (6.52)
41回~45回		1	(1)								(0) 1 (1.64)
46回~50回	3	4	(7)	1	1			1	1	1	(5) 12 (19.66)
試料合計数	11	11	(22)	6	6	6	6	6	3	6	(61) 61 (100.00)

—— 1.0mm厚さ
 - - - 0.6mm厚さ
 - - - 0.3mm厚さ
 ● FOV平均値 (試料5こ)
 ▲ 基板のみ

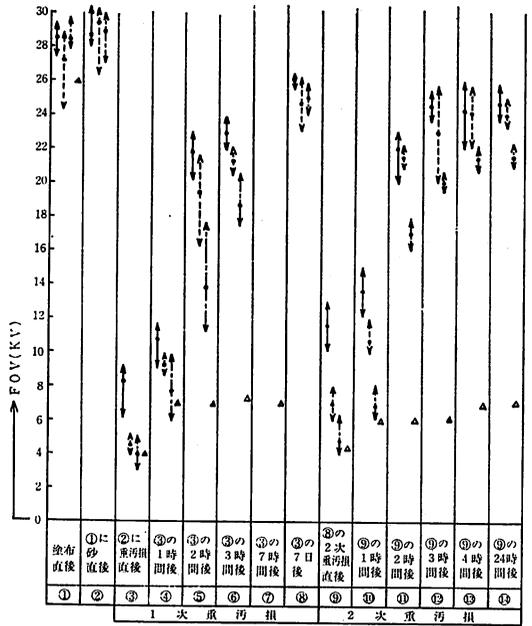


図 5 厚み効果の実験例

- 備考 1. ①にふりかけた砂の径0.3~0.6mm
 量0.05g/cm²
 2. 霧室中にて実験

3. 4 FOV 50回測定における最低値出現ひん度

61この供試料についてそれぞれ、前記と同様50回 FOV

を測定し、最低値の出現頻度（出現度数の全体に対する割合……%）を調査した結果〔表4〕のとおりで、最初（1-5回）と最後（46-50回）にFOV最低値の出現頻度が高い。なお1-10回の最低値出現頻度は約40%である。

このことはコンパウンド塗布面のFOV測定値の解釈をする場合留意しなければならない点で、測定効率等から考えて10回測定して、その最低値をその試料のFOV値とした本実験の手法は適切であったと思われる。

4. あとがき

この研究の結果を要約すれば次のとおりである。

(1) 屋外暴露試験では、気象条件がFOVの測定値に影響を与える。特に雪や雨はその降りはじめが等価塩分濃度が高く、そのような気象条件では無塗布試料はコンパウンド塗布試料に比して、FOVの低下が顕著であり絶縁回復力も小さい。

(2) 試料に付着した水滴の接触角の測定から、コンパウンドの撥水性が推定でき、アミーバ作用の様態を知るひとつのめやすとなる。

コンパウンド塗布直後では接触角が大きく、暴露試験では汚損されるにしたがって接触角は小となる傾向を示す。

コンパウンド塗布試料では飛砂じんの付着状態等の汚損条件によって接触角は異なるが飛砂じんを受けた直後に、もっとも接触角が低くなる傾向がある。

(3) コンパウンド塗布試料の厚み効果は、飛砂じん直後に電解質溶液を含む汚損を受けた場合の絶縁回復能力において、その厚み効果を認めることができる。



本研究を行なうにあたりご指導を賜りました秋田大学能登文敏教授ならびにご協力をいただいた本校山田七郎技官に深謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 能登, 菊地, 青池: 電気学会東北支部連合大会 No.2C-15 (1971.10)
- 2) 能登, 菊地: " No.1C-2 (1972. 8)
- 3) 菊地: 秋田高専研究紀要 第7号 (1972. 1)
- 4) 高電圧試験専門委員会: 電気学会技術報告第75号 (1967. 8)
- 5) 信越化学: 電研懇談会資料 No.180 (1963)
- 6) 加覧, 小林: 電気学会論文誌 VOL 92-A No.1 (1972. 1)