

シリコン類の塗布面における飛砂の影響 について

菊 地 光 一

The effect of sands on the Surface of insulator coated by silicon Compound and rubber

Kouiti Kikuti

(昭和46年10月31日受理)

1. はしがき

最近電力系統の拡大とともに電気絶縁の信頼性が強く要求され、その一環として塩じん害対策のために、シリコンコンパウンドをがいし表面に塗布する方法が実用化されつつある。

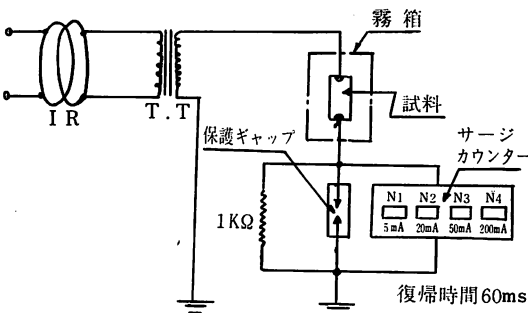
シリコンコンパウンドには、砂じんが付着しやすい地方の地形、気象などの条件によっては台風時等に飛砂を受ける場合がかなり多いにもかかわらず、飛砂を受けた場合の影響については十分な資料が得られていない。

本報告はその基礎資料を得るため絶縁面上のシリコン類の塗布面における飛砂の影響について検討したものである。

2. 実験方法

2.1 実験回路 実験回路は〔図1〕のとおりで漏れ電流測定用のサージカウンタは、5, 20, 50, 200mAの四段階にわけて発生回数を記録するようになっており、その回路構成と結線図は〔図2〕のとおりである。

サージカウンタの入力端子は1kΩの抵抗で分路され、前記の電流においてはそれぞれ5, 20, 50, 200V



〔図1〕 実験回路

の各電圧が現われる。その時の電圧を V_1, V_2, V_3, V_4 とし、これをグリッドに接続する。

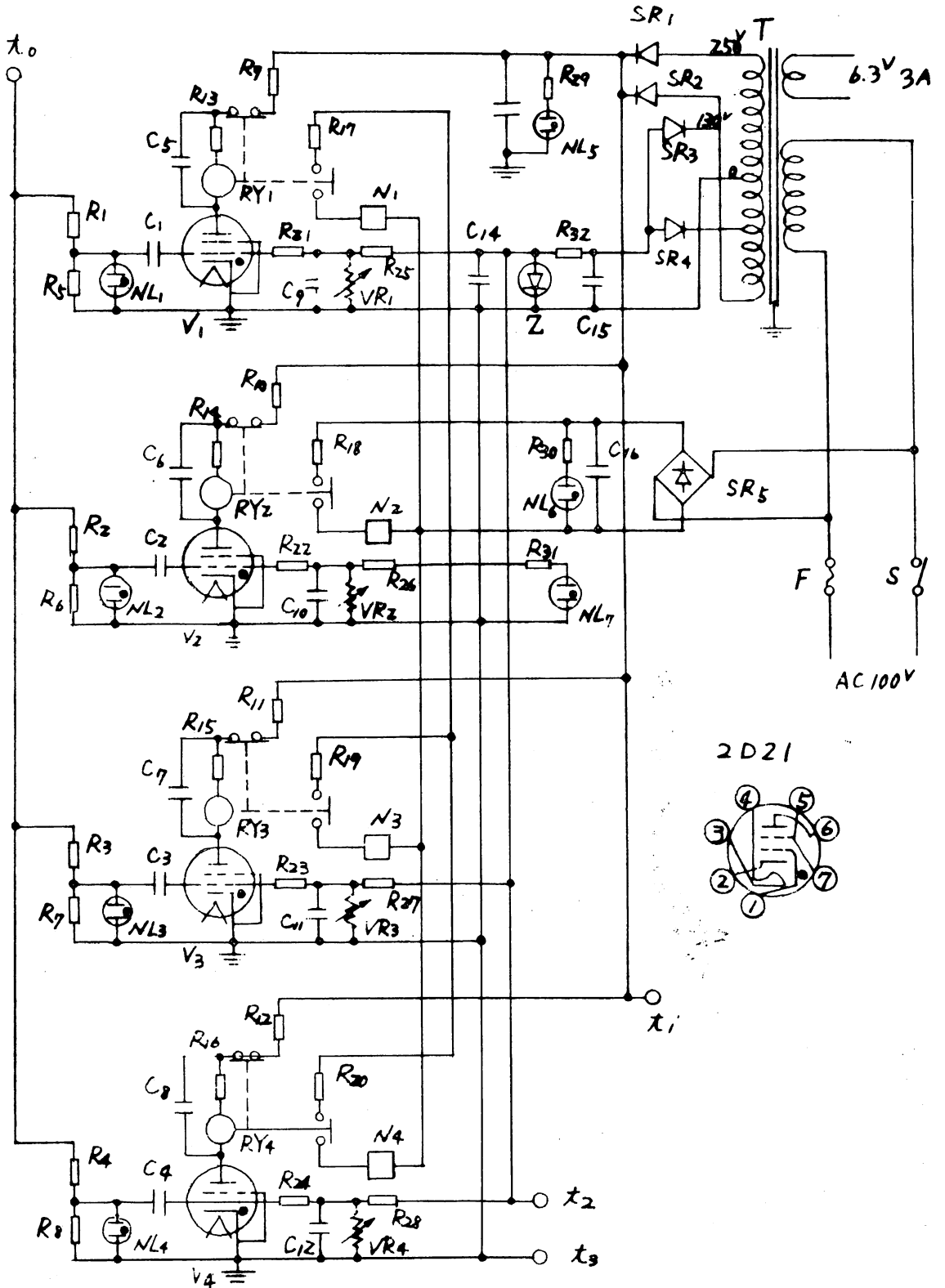
漏れ電流が5~20mAのときは V_1 によって N_1 のカウンタが動作し(N_2, N_3, N_4 についても同様)200mA以上では $N_1 \sim N_4$ の全部のカウンタが計数動作する。計数器の復帰時間は約60msであるから、漏れ電流が60ms以上継続するとカウンタの指示は追加されることになる。

2.2 供試料 供試料としては塩じん害防止用シリコンコンパウンド(A社TSK551, B社KS63G)シリコンラバー(A社XZ3615, B社KE-1500)を用い500×100×5mmの硬質ガラスにこれらを塗布したうえ、所定の処理をした砂を振りかけ、または吹きつけて実験に供した。

電極配置は水平配置および垂直配置(後述の3・2のみ)で電極間隔は50mmで、基板に資料塗布の方法は、はけ塗り法である。

2.3 電圧即加法 電圧即加法としては、一定電圧法によらず、1KV/10sの割合の段階昇圧法を採用し、FOVは5回測定して、その最低値をとった。

2.4 実験ふんい気および汚損液 試料のふんい気は大気中(常温、湿度約60~70%)霧中(1×1×2mの霧室中で温度約40℃、水蒸気飽和状態)および重汚損(1ℓの水に塩40g、との粉40gを混入した汚損液を1回に約1.33ccスプレー)の三種の状態で行った。それぞれの場合について比較検討した。なお霧室中の資料は、水蒸気量が増大するにつれて供試料面の絶縁抵抗が低下するが、抵抗値がほぼ一定の値を示す時点をもって水蒸気の飽和状態とした。



〔図2〕 ACもれ電流検出用サージカウンタの回路構成

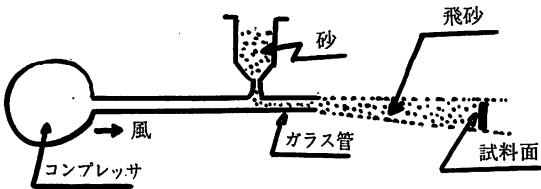
〔表1〕 砂試験成績表の例

昭和46年6月21日

試料名：浜砂

産 地：秋田市土崎大浜地区

試験番号	試験項目	試験結果			
		フルイ目の開き mm	残留百分率 (%)		
1	フルイ分け	~5	3.2		
		5~2.5			
		2.5~1.2			
				1.2~0.6	22.5
				0.6~0.3	64.1
				0.3~0.15	8.0
				0.15~	2.2
				計	100%
2	粗 粒 率	2.15			
3	表 乾 比 重	2.56			
4	吸 水 量 (%)	2.20			
5	洗試験で失われた量(%)	0.02			
6	単位容積重量 (kg/m ³)	1.589			
7	空 隙 率 (%)	39.0			
8	実 積 率 (%)	61.4			
9	有 機 不 純 物	標準色 1/5			



〔図3〕 試料面に飛砂を与える方法

2.5 供試砂と飛砂の方法 供試砂は浜砂で、その組成は〔表1〕のとおりである。これをふるいわけし残留百分率の高い、ふるい目の開き1.2~0.6, 0.6~0.3, 0.3~0.5の三種をおもに供試料とし、水洗い後に乾燥して使用した。また飛砂の方法はコンプレッサを使用し〔図3〕のような配置で資料に飛砂を与え、風速はピトー管式風速計で全圧と静圧を測定して求めた。

3. 実験結果

3.1 供試砂のぬれ特性

砂のシリコン・コンパウンドに対するぬれ時間を測定した結果を〔表2〕に示す。

〔表2〕 砂のシリコン・コンパウンドに対するぬれ時間

砂 径 (mm)	ぬれ時間 (s/mg, cm ²)
1.8 ~ 0.6	60
0.6 ~ 0.3	50
0.3 ~ 0.15	36
0.15 ~	32

ぬれ時間は100×50×5 mmのガラス板にコンパウンドを0.5mmの厚さに砂10gを一様に振りかけ、10 min後軽いショックを与えて余分の砂を除去し、砂の付着量を求め、さらに砂のぬれ色を示す時間を測って計算により算出した。

〔表2〕の結果からわかるように、砂の粒径が小さくなるにしたがってシリコン・コンパウンドのアミバー作用が大きい。

3.2 各種条件の絶縁面におけるFOVとサージ電流回数

シリコン類と砂による各種の絶縁面におけるFOVを測定した結果を〔表3〕に示す。

振りかけた砂の量はいずれの場合も5gで、電極は垂直配置である。FOVの測定では、①~⑦の各試料とも大気中ではフラッシュオーバーするまではほとんどサージカウンタは動作せず、また霧中(水蒸気飽和状態)では試料⑥以外はサージカウンタはほとんど動作しない。重汚損の場合は試料②以外はサージカウンタが動作し、特にシリコン、ラバーを塗布した場合のカウンタの動作回数が多い。

シリコン・コンパウンドを塗布し、飛砂を受けない場合は他の試料に比して、霧中や重汚損の条件では、すぐれた絶縁特性を示すことはシリコン・コンパウンドの撥水性とアミバー作用の優秀性が主要な原因と思われる。また大気中で④~⑦の砂を振りかけた資料が予想以上に高いFOVを示したのは、後述するように試料砂そのものがよい絶縁特性を持っていたからである。

シリコン・ラバーは大気中ではコンパウンドよりも高いFOVを示すにもかかわらず、霧室や、重汚損ではFOVや、サージ電流の回数から考えて、電気絶縁特性が、コンパウンドに劣るのは、大気中では撥水性や、アミバー作用のあるながFOVには影響しないが、霧中試験では撥水性が、重汚損では撥水性とアミバー作用がFOVとサージ電流回数に大きな影響を与えるものと思

〔表3〕 F O V と サージ電流回数

供試料面	F O V [V]			サージ電流回数〔重汚損〕				備 考
	大気中	霧 室	重汚損	5 mA	20mA	50mA	200mA	
① 硬質ガラス	27,000	20,000	9,000	234	132	17	1	基試料面
② ①にシリコン コンパウンド塗布	20,000	30,000	13,000	1	1	1	1	A社製品を/mm厚に塗布 (直後)
③ ①にシリコン ラバー塗布	33,000	28,500	9,700	516	498	174	12	A社 //
④ ②に砂ふりかけ	31,000	27,000	9,700	203	184	35	1	砂径0.6~0.3mm
⑤ //	32,000	28,000	10,000	189	99	10	1	砂径0.3~0.15mm
⑥ //	30,000	14,000	9,000	305	7	1	1	供試砂(径0.6~0.3mm)は 3%の塩水に浸した後乾燥
⑦ //	30,000	26,000	9,000	234	238	111	1	1% //

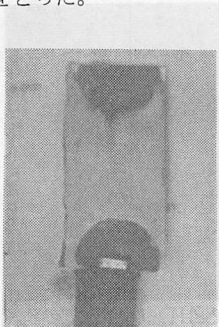
われる。

なお試料⑥の3%の塩水に浸した砂は、霧中の場合も重汚損の場合も試料に含まれている、Na や、ClのイオンがFOVの低下とサージ電流回数増大の働きを持つものと思われる。

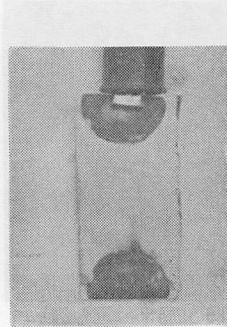
しかし1%程度の塩水に浸した砂は霧中では、含まれているNaやClのイオンの影響はあまり認められないが重汚損では、試料⑥と同程度の影響が考えられる。

フラッシュオーバー直後の試料面の例を図4~図7に示す。

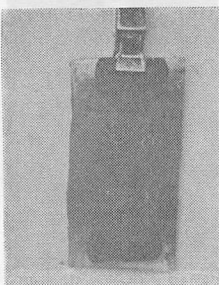
サージ電流回数は、5回測定し、最低のFOV時の回数をとった。



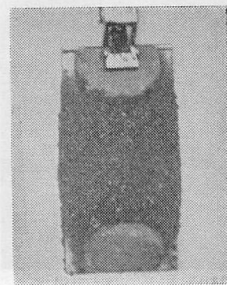
〔図4〕 試料①



〔図6〕 試料③



〔図5〕 試料②



〔図7〕 試料④

3.3 シリコン・コンパウンドとシリコン・ラバーにおけるFOVの比較

大気中、霧中、重汚損、飛砂重汚損のもとでのシリコン・コンパウンドとラバーにおけるFOVの比較を〔図8〕に示す。ここで飛砂の与え方は約10mの風速で砂を飛ばし十分砂が付着する程度まで吹きつけたものである。0.6~0.3mmの程度の砂を使用した場合の砂の付着量は、シリコン・コンパウンドにおいては約3g、シリコン・ラバーにおいては約0.5gである。

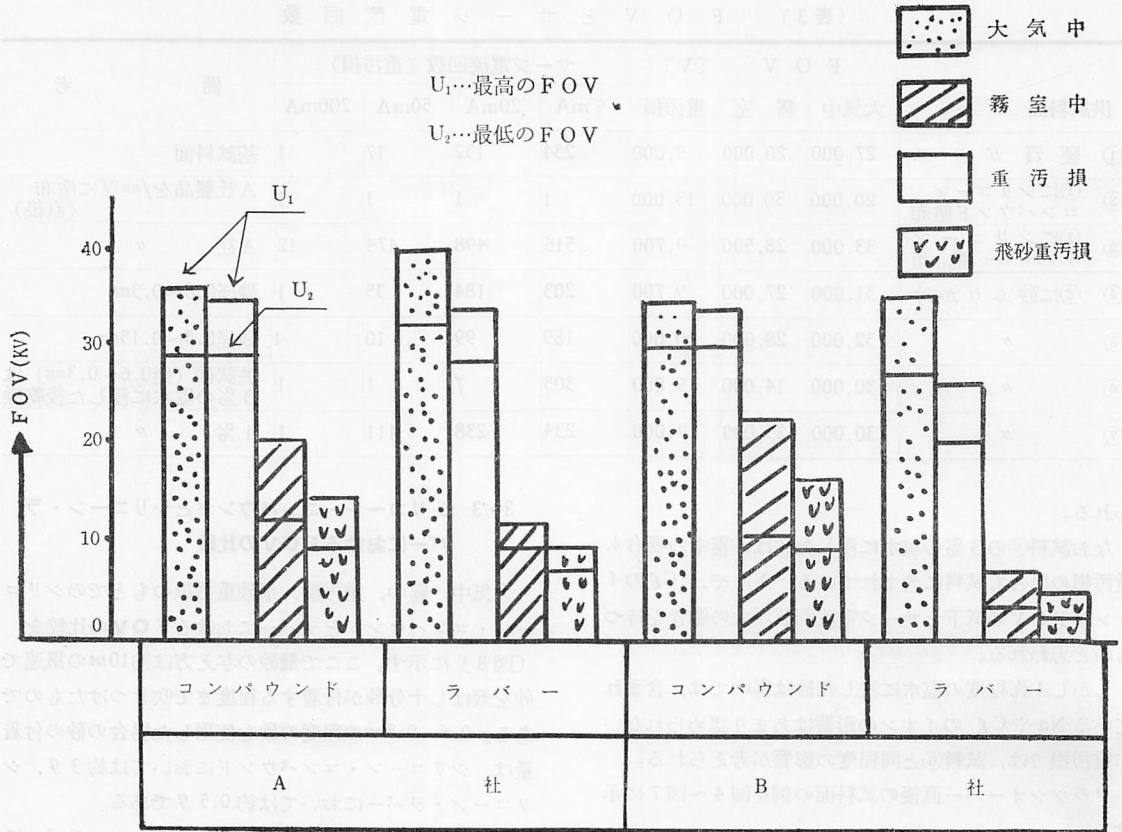
〔図8〕に見るようにFOVはシリコン・ラバーに比してシリコン・コンパウンドの優位性が認められる。

またA社製品とB社製品はほぼ同じ程度である。なおシリコン・コンパウンドは供試の飛砂をうけただけでは、サージカウンタは動作しないが、飛砂重汚損では動作回数が多い。

シリコン・コンパウンドと、シリコン・ラバーの飛砂重汚損の場合のFOVと、サージ電流回数のばらつきを、〔表4〕、〔表5〕に示す。

〔表4〕 シリコン・コンパウンドにおけるFOVとサージ電流回数

回数	FOV (V)	サージ電流回数				備 考
		5 mA	20 mA	50 mA	200 mA	
1回め	8,000	61	43	30	1	・A社
2 "	9,500	30	4	4	2	・飛砂重汚損
3 "	11,000	28	4	5	2	・砂径0.6~0.3mm
4 "	9,500	41	9	5	3	
5 "	12,000	3	3	2	2	



〔図8〕 シリコン・コンパウンドとシリコン・ラバーのFOVの比較

〔表5〕 シリコン・ラバーにおけるFOVとサージ電流回数

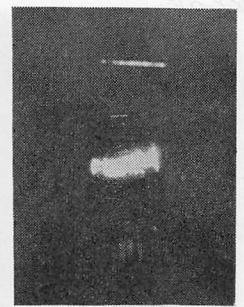
回数	FOV (V)	サージ電流回数				備 考
		5 mA	20 mA	50 mA	200 mA	
1 回め	9,000	232	174	99	1	・ A社
2 "	9,000	174	158	109	1	・ 飛砂重汚損
3 "	7,000	264	256	111	1	・ 砂径0.6~0.3mm
4 "	9,000	212	208	145	1	
5 "	9,500	287	167	144	1	

シリコン・コンパウンドもラバーもFOVや、サージ電流回数に相当のばらつきがあり、またいずれも最低のFOVを示す場合のサージ電流回数は他に比して大となる傾向がある。

ばらつきの多いのはコンパウンドや、ラバーが放電により熱分解を起こすことや、局部アークが漏れ電流の流れ易い通路を求めて移動することなどの原因で、局部ア



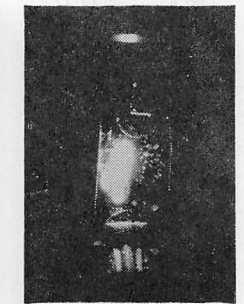
〔図9〕 局部放電の例 (初期)



〔図11〕 局部放電の例 (初期)

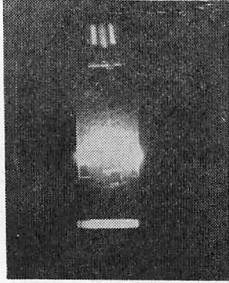


〔図10〕 局部放電の例 (初期)

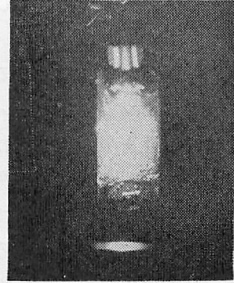


〔図12〕 局部放電の例 (初期)

ークの様態が実験ごとに異なるからである。飛砂重汚損の場合の漏れ電流は100V程度の低い電圧でも生じアークによって試料面が乾燥すれば1時漏れ電流が中断することがある。局部アークおよびフラッシュオーバーの二、三の事例を次に示す。(図13～図20)



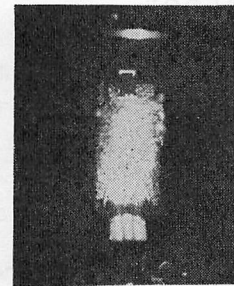
〔図13〕 局部放電の例
(中期)



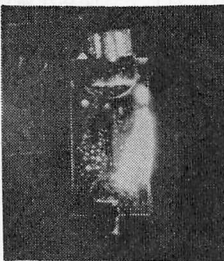
〔図15〕 全面シンチレーションの例



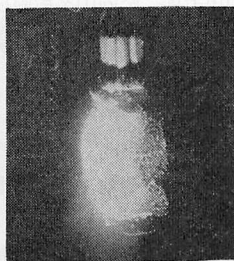
〔図14〕 局部放電の例
(中期)



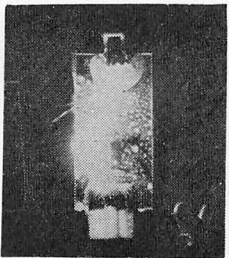
〔図16〕 全面シンチレーションの例



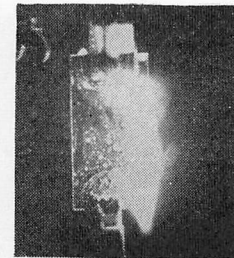
〔図17〕 フラッシュオーバーの例



〔図19〕 フラッシュオーバーの例

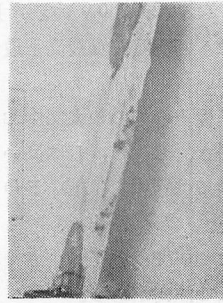


〔図18〕 フラッシュオーバーの例

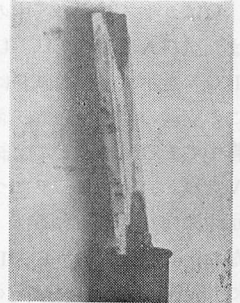


〔図20〕 フラッシュオーバーの例

なおシリコン・ラバーはFOVの回数が20回程度を越えると塗布表面がふくれあがる傾向があり、ふくれあがった場合の事例を〔図21〕,〔図22〕に示す。



〔図21〕 シリコン・ラバーのふくれあがった例〔その1〕



〔図22〕 シリコン・ラバーのふくれあがった例〔その2〕

このような現象の起るのはフラッシュオーバーの回数が多くなるにつれて、試料表面の劣化による微穴の発生と機械的ストレスによるガラス基板と、ラバーとの剝離作用とが空気を吸い込んだ結果であると思われる。

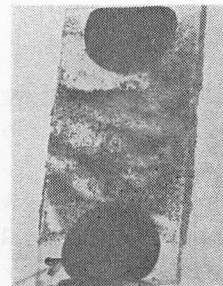
シリコン・コンパウンドにはこのような現象は現われないので、これはシリコン・ラバーのコンパウンドに比しての大きな弱点となる。

3・4 飛砂の速度が塗布面に与える影響

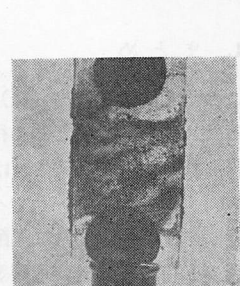
シリコン類の塗布面が飛砂の風速により、塗布厚さのむらを生じる場合がある。

風速10～60mまでの間、シリコン・ラバーでは変形は認められないが、シリコン・コンパウンドでは40mを超えると厚さのむらが生じ、50mを超えると部分的に剝離、脱落し、塗布効果が減少する。

風速50mを超えて剝離、脱落した場合の事例を〔図23〕〔図24〕に示す。



〔図23〕 シリコン・コンパウンドの剝離、脱落の例〔その1〕



〔図24〕 シリコン・コンパウンドの剝離、脱落の例〔その2〕

3・5 水平無塗布面における砂径とFOV

前記の実験は塗布面を垂直にして行なったものであるが、無塗布試料を水平にして電極間上面に5gの前記の

処理砂を一様に振りかけた場合の実験結果を〔図25〕に示す。

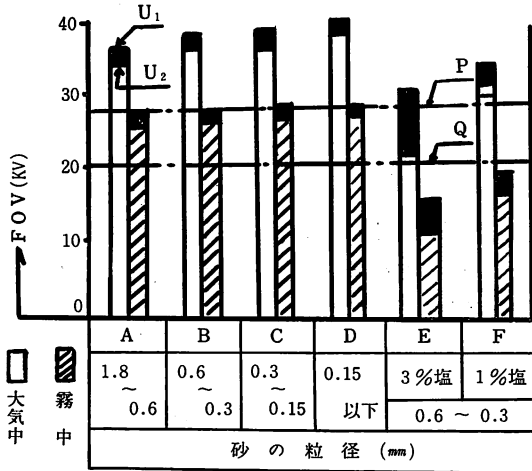
図のPはガラス基板の大気中のFOV(27000V)を示し、Qはガラス基板の霧中のFOV(20.000V)を示す。

また試料AにおけるU₁、U₂は5回測定した最高と最低のFOVを示す。他の試料についても同様である。

この実験の結果からガラス基板そのものの大気中および霧中のFOVに比して、試料A、B、C、Dは高いFOVを示し、試料E、Fについては霧中では低いFOVを示す傾向が認められる。

なお、試料A、B、C、Dについては砂径が小さくなるにしたがってFOVは高くなる傾向がある。

このことは前述のアミバー作用との関連からも、砂径の大きい砂の飛来は砂径の小さいものに比して電気絶縁特性に悪影響を与えるものと考えられる。



〔図25〕 水平電極上における粒径とFOV

4. まとめ

この研究は東北電力(株)総研よりの委託研究を推進するため、基礎実験として行なったものであり、この間に得られた結果を要約すれば次の通りである。

(1) シリコン・コンパウンドの塗布面は、飛砂が付着しやすいが、非常に過酷な条件である飛砂重汚損の場合のFOV、漏えい電流等から考えて、シリコン・ラバーに比しての電氣的特性の優位性は認められ、塩じん害防止の効果が期待できる。

(2) シリコン・ラバーは完全に加流してゴム状弾性を示すようになると砂が付着しにくくなり、また風速60m以下程度で飛砂を受けても塗布面の変形はほとんど

認められない。

しかしながらアミバー作用のないという致命的な性質は、重汚損や飛砂重汚損の状態では、シリコン・コンパウンドに席を譲る結果になっている。これらの欠点を他の有効な方法で解決することがシリコン・ラバーの生きていく大きな課題のひとつであろう。

(3) 間断なく吹きつける飛砂に対しては、シリコン・コンパウンドのアミバー作用にも限界があり、試料面は撥水性を失うことは明らかである。シリコン・コンパウンドの寿命は、汚損物の付着量とアミバー回復速度との競合であるので、暴露試験の結果を参考にして対策をたてる必要がある。なお飛砂に対しては、シリコン油のにじみやすいものほど効果があると思われるので、耐飛砂用のシリコン・コンパウンドの開発が必要であろう。

(4) 海岸近くの飛砂の影響を受ける地域では、重汚損と共存した場合を配慮して対策をたてる必要がある。

(5) シリコン・コンパウンドの剝離の作業性のみについては風圧を利用することも一方法であろう。



稿を終えるにあたり、ご指導をいただいた秋田大学能登文敏教授ならびにいろいろとご協力をいただいた本校の山田七郎、堅固山幸治両技官に対して、深甚な謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 能登, 菊地, 青池, 電気学会東北支部連合大会 (1971. 10)
- 2) 電研懇談会資料, 信越化学 No.180 (1963)
- 3) 電気協同研究: 20巻2号 (1964)
- 4) 西村, 中島電気学会連合大会 No.213 (1971)