

微少間隙沿面閃絡電圧特性

齊 藤 金 一
柳 瀬 秋 夫

The Flashover Voltage Characteristics of the very Short
Gaps on the Solid Insulating Materials.

Kin-iti SAITO
Akio YANASE

In this paper we have illustrated, comparatively the flashover voltage and the leakage current characteristics of the several insulating materials with the various surface roughnesses, on the very short and various distances of electrodes. And we have purposed to know whether these results can be used for the measurement of the surface conditions or not.

1. 緒 言

筆者等は先に固体絶縁物の表面状態と漏洩電流との関係に就て報告したが、⁽¹⁾此の報告に於ては、それと同じ条件即ち表面状態の夫々異なる数種の固体絶縁物に就て、微少間隙沿面閃絡電圧特性及び微少間隙漏洩電流特性を比較して説明する。そして此の実験の目的は、之等の測定結果が固体の表面状態の測定に使用出来るかどうかを検討することにある。

2. 絶縁物の表面状態の測定に就て⁽²⁾

表面状態の測定には試料面での光の反射を測定する方法、即ち福島博士の考案になる NF 粗度計を用いた。博士の理論によると $I = I_0 \varepsilon^{-d\theta}$ であるとして $\frac{1}{\alpha}$ をもつて粗度を規定している。この式で I は反射光度、 I_0 は入射光の強さ、試料面の色等で定まる定数、 θ は反射角 45° を原点とした光軸の回転角度で、此の式は $3^\circ < \theta$ で成立する。従つて計器は 3° を原点として目盛られている。

元来此の計器は金属面の測定用として考案されたもので、絶縁物表面の測定に関しては次の点を特に考慮する必要があると思う。

(1) 試料毎の色の異いが金属の仕上面より甚だしい事で、之は理論上からは常数 I_0 の中に含まれるから、一向差支えないのであるが、黒と白の様な余り甚だしい異ひのものを比較する場合には、誤差が入ることをまぬがれないと思う。

(2) 平面と疵面との反射率の異いに就ては、金属の場合の様に錆びるといふ事がないから測定には好都合であるが、色の異いは絶縁物の方が大きく此の測定ではまぬがれない誤差が入ってくる。

(3) 透明体の場合には板の反対面及下敷によつて反射して非常に複雑な反射光になる。此の実験では下敷に滑らかなエポナイト板（黒色）を用いて測定した。

(4) 金属の表面測定には多く触針法が用いられているが、触針圧が如何に小さいものでも固体絶縁物中には、非常に軟かいもの脆いもの等があるので、此の実験に対しては光の反射を利用する方法の方がすぐれていると思う。

疵の方向によつて同じ粗度に対しても、測定値の変つて来ることは、疵の原因がその方向を規定する特定なものでない限り、元来が *at random* のものであるから、金属でも絶縁物でも光の反射による方法でも、触針法でも同じ事である。此の実験に於ては1つの場所で直角の二方向に就て測

定し、更に一定の面積内で同様な測定を三回行い計6つの測定値の平均値をもつて、その面の「あらさ」とした。此の実験に使用したNF粗度計は入射光束の集光装置が破損して、完全なものではないので多少の問題はあるが、測定結果が比較的整然としていて理論式と一致している点から少くとも同一試料に対する相対的な値としては、信頼出来るものであると考えている。

之を要するに固体絶縁物の表面の状態の測定に関しては、金属の場合と同様に、或は別の意味で更に詳しい研究を要するものと考えるが、此の報告に於ては唯前述の様に多くの測定の平均値を採用するという方法のみで測定値の信頼度を高めた値を採用した。表-1に試料番号と表面「あらさ」とを示している。

表-1

沿面火花放電電圧 KV										
試料	面積	間隙長 mm								
記号	あらさ	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.15	0.20	0.30	
V	V-1	4.3	0.18	0.36	0.40	0.54	0.60	0.87	1.04	1.18
	V-2	5.9	0.18	0.35	0.41	0.53	0.61	0.87	1.04	1.16
	V-3	7.0	0.19	0.34	0.41	0.55	0.59	0.86	1.01	1.15
	V-4	11.1	0.20	0.32	0.43	0.54	0.59	0.82	0.98	1.12
	V-5	26.3	0.22	0.30	0.44	0.54	0.60	0.80	0.96	1.10
E	E-1	4.9	0.20	0.29	0.43	0.49	0.57	0.77	0.84	1.03
	E-2	5.9	0.20	0.29	0.42	0.48	0.56	0.75	0.82	1.02
	E-3	12.5	0.21	0.27	0.37	0.46	0.50	0.71	0.77	0.95
	E-4	17.0	0.20	0.25	0.34	0.44	0.47	0.67	0.74	0.89
G	G-1	4.0	0.24	0.36	0.47	0.59	0.62	0.82	0.90	1.10
	G-2	8.7	0.22	0.30	0.42	0.51	0.60	0.75	0.81	1.01
	G-3	14.0	0.19	0.25	0.37	0.46	0.50	0.71	0.77	0.95
	G-4	26.0	0.20	0.25	0.34	0.44	0.47	0.67	0.74	0.89
B	B-1	5.8	0.16	0.25	0.32	0.44	0.48	0.67	0.72	0.90
	B-2	6.8	0.16	0.25	0.32	0.44	0.47	0.66	0.71	0.91
	B-3	12.2	0.17	0.24	0.34	0.41	0.46	0.59	0.70	0.87
	B-4	29.1	0.18	0.25	0.33	0.42	0.46	0.57	0.71	0.81

3. 電極及び表面の沿面放電による変化に関して

沿面放電による電極の劣化状態を知るためには、一定の表面「あらさ」を有する同一材料の面上で測定場所を変えて放電を行わせ、火花放電電圧の低下状態をしらべればよい。図-2のA及びA'は此の状態を示し、Aは間隙長0.04mm、A'は0.3mmのものである。試料はV-1を用い、回路の直列抵抗はA、A'共96kΩである。材料及びその表面状態で電極の劣化が異なるという事は、余りないと考えられるが(放電抵抗を回路抵抗に対し、無視すれば)、放電電流によって変る事は当然考えられる。ともかく同様な測定をG-1、E-1、B-1に就て行つた結果、放電電圧の低下は何れも放電回数60回以後に起ることが解つた。

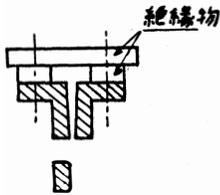


図-1

次に沿面放電による材料表面の劣化状態を知るためには、同一試料面上の同一場所で火花放電を行なわせ、火花電圧の低下状態を求めれば、それは電極及び試料面の劣化の影響の重つたものであるから、之から前述の電極のみの劣化の影響を引いて考えれば、試料表面の劣化のみによる放電電圧の低下の模様が解ることになる。図-2のB及びB'は夫々d=0.04mm及d=0.3mmに於ける電極及び試料面劣化の影響の重つた場合の曲線である。試料及び回路直列抵抗は勿論A及びA'と同様V-1、96kΩである。従つてA、B及びA'、B'の曲線を比較すれば、試料面の劣化のみを知る事が出来るわけである。之等の曲線から解ることは、放電回数30回位以下では電極及び試料の劣化による放電電圧の低下は少い事である。従つて以下報告する実験は此の30回以下の放電回数内で行つたのであるが、図-2に示す程度の誤差は含まれている。尚試料面の劣化は材料及び試料面の「あらさ」にも関係すると考えられるのでV-1、V-5、E-1、E-4、G-1、G-4、B-1、B-4に就て同様の測定を行つたが大きい差異は表われていないので、代表的に

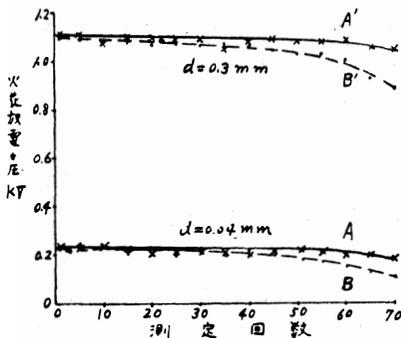


図-2

V-1 を示した。図-1 は此の測定に用いた電極の形状を示している。材質は真鍮で電極圧力は自重 85g である。電極材料及び電極圧力によつて勿論測定値は異なると思うが、此の実験に於ては条件を簡単にするために之等を一定にした。

4. 沿面放電々圧に及ぼす間隙長、材料、表面「あらさ」の影響

表-1 に各試料の各間隙長に於ける沿面放電々圧を示す。値は同一場所の直角 2 方向の平均値で、測定中の温度及び相対湿度は夫々 $23^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 及び $73\%\sim 77\%$ である。回路直列抵抗はすべて $96\text{k}\Omega$ で電極材料は真鍮、電極圧力は自重 85g である。

図-3 は火花電圧と間隙長との関係を表-1 から求めたものの中、代表的に V-1, V-5 に就て示したものである。図-4 は材料別の沿面火花放電値を、表面「あらさ」及び間隙長の最も極端なもの、即ち間隙長は 0.04mm 及び 0.3mm 表面あらさは V の 1 及び 5, E の 1 及び 4, G の 1 及び 4, B の 1 及び 4 に就て示した。図-5 は V 及び G を例にとつて、表面「あらさ」による沿面閃絡電圧特性を示している。

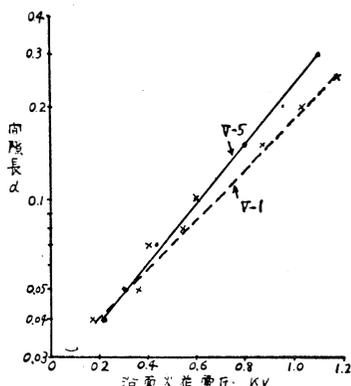


図-3

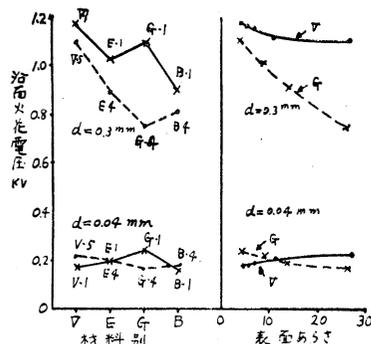


図-4

図-5

5. 沿面漏洩電流と間隙長、材料、表面状態との関係⁽¹⁾

6. む す び

(1) 材料による異いは漏洩電流では 0.04mm の様な間隙長の小さい方でいちじるしく、 0.3mm の様な大きい方で少い。火花電圧では差異は間隙長に大体比例していて、従つて測定値としては間隙長の大きい方が差異が明らかである。然し全体として漏洩電流ほどの差はない。

(2) 表面状態による異いは漏洩電流では、間隙長の小さい方では少なく、大きい方でいちじるしい。然し余り大きくなると表面状態による抵抗変化に対し漏洩抵抗が大きくなりすぎる為、又その差が少くなるだろうと考えられる。之に対し火花電圧は一般に表面「あらさ」の大きい程低下するが、此の実験に用いた材料中ガラス以外では、余り大きい変化を示さない。ガラスでは間隙長の大きい方で表面「あらさ」と共に明らかに火花電圧が低下してくる。

(3) 間隙長による異いは漏洩電流では、材料の種類、表面状態によりその変化の状態は一定していないが、火花電圧では大体 $d = k\epsilon^a V^s$ の関係が成立つ様である。ここに d は $0.04\sim 0.3\text{mm}$ k , a は材料の種類、表面状態等により異なる常数である。

(4) 此の報告に於ける測定はすべて温度 $23^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 相対湿度 $73\%\sim 77\%$ のもとで行われたものである。従つて其の間の湿度の変化による誤差は測定値中に含まれている。而もその程度は知る事

が出来ない。

(5) 固体絶縁物の表面「あらさ」の測定に（金属の場合はセルロイドの様な絶縁性物質にうつして）以上の結果が利用出来るかどうかには就ては、火花電圧の方はその差が少いこと、同一条件での測定値の偏差が大きい事（上述の測定値はすべて平均値である）等から利用は困難であると思う。漏洩電流の方は 0.3mm 附近で相当差異があるから、比較測定には或は利用出来るかもしれない。此の場合電極の形状、電極圧力、温度、湿度に関する問題等更に研究しなければならないと考えている。最後に常に御指導御討論をいただき上野教授に感謝する。

文 献

- (1) 齊藤，柳瀬 電気学会北陸支部連大論文集（昭 32）
- (2) 福 島 精機学会講習会予稿（昭 26年 6月）