

誘電体面の気中放電におよぼす影響

(衝撃電圧特性)

長谷川 誠一・田畑 季章・沓沢 俊雄・赤上 陽出男*

The effect of dielectric surface in the air breakdown
by impulse voltage

Seiichi Hasegawa, Toshiaki Tahata, Toshio Kutsuzawa, Hideo Akagami*

(昭和49年10月31日受理)

1. ま え が き

近年、送電線の電圧が特別高圧から超高圧へと移行されるに伴い、がいしの絶縁性に関してこれまでとは別に他の面からの検討が要求されるようになった。特に雷を対象としたインパルスによるフラッシュオーバー電圧と大気相対湿度との関係が必要とされる。

たとえばアーキングホーンの有無によるフラッシュオーバー電圧の変化もその一つである。すなわち誘電体の裏面に背後電極をもたない場合と背後電極をもつ場合の特性は著しく異なっている。

筆者らは誘電体面存在による放電特性をモデル化し、前報⁽¹⁾でその前段として商用周波電圧印加時の特性を報告した。すなわち、針電極を誘電体表面から空气中に浮かして、電極間の直線距離を増大してもフラッシュオーバー電圧の上昇が得られない条件の存在することが明らかになった。

今回は前報と同じ電極配置で衝撃電圧を印加し、電圧の極性、大気相対湿度等の種々の条件のもとで実験を行ない、商用周波電圧による場合と同様な特性の有無について検討した。

その結果、商用周波電圧の場合とは著しく異なる特性が明らかになった。

2. 実 験 方 法

電極配置は前報のものと同一で、誘電体としては市販のくもりガラス(300×200×2mm)を用い、そのくもり面を放電面として一方に半円板電極(半径60mm, 厚さ1.2mm)を密着し、これを接地した。針電極としては半径が0.35mmのタングステン線を用い、その先端を半球状に研磨した。ガラス板は両端を高さ30cmの合成樹脂の絶縁台で水平に支持した。針電極は放電面に対し30°

の角度をもって、水平ギャップの長さG(cm)および誘電体面から空气中に浮かした垂直高さH(cm)を自由に調節できるように配置した。これらの試験装置を約0.9m³の槽に収め、調湿を行なった。

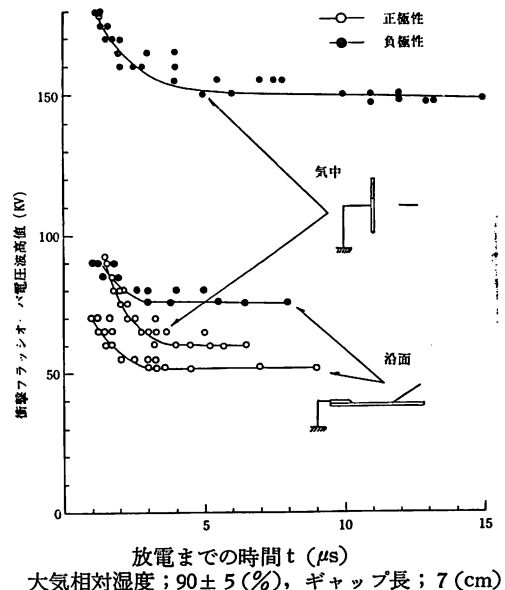
実験に使用した衝撃電圧発生装置は公称発生電圧が400KV, 最大蓄積エネルギー2.5KWSで、電圧波形は1×40μSの標準波形である。

また印加電圧波形、および放電までの時間は高速度ブラウン管オシログラフで観測した。

3. 実験結果ならびに考察

3-1 v-t 特性

図1は印加電圧の波高値 v (KV)に対する放電までの時間 t (μS)の関係を $H=0$ 、すなわち沿面放電と針対



放電までの時間 t (μs)
大気相対湿度; 90±5(%), ギャップ長; 7 (cm)

図—1 気中および沿面における v-t 特性

* 秋田大学鉱山学部電気工学科教授

平板電極の気中放電を比較したものである。これはギャップの長さ7 cm, 大気相対湿度が $90 \pm 5\%$ におけるものである。気中の針対平板電極配置の場合, フラッシュオーバー電圧は負極性の場合が正極性に対して著しく高く, 極性による差は明らかである。また放電までの時間 t は負極性の場合が正極性より大きいものが得られやすい。

沿面放電においてはフラッシュオーバー電圧が気中のそれと比較して, 負極性は著しく低下し, 正極性はやや低下する程度である。従って相対的には気中放電の正極性, 背後電極のない沿面放電における正, 負極性, この三者のフラッシュオーバー電圧の差が著しく減小する。(2)

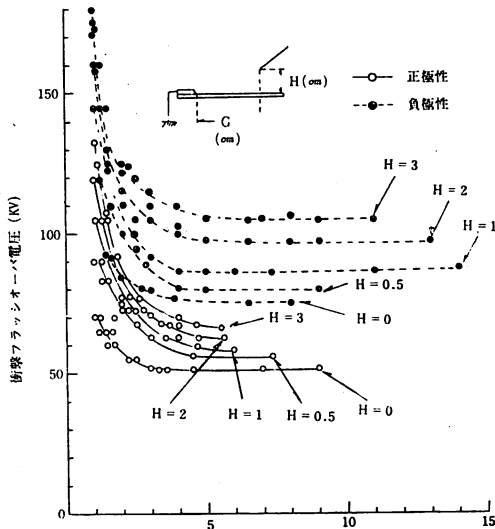


図-2 針電極を浮かしたときの $v-t$ 特性
放電までの時間 t (μs)
大気相対湿度; $90 \pm 5\%$, 水平ギャップの長さ $G = 7$ (cm)

図-2 針電極を浮かしたときの $v-t$ 特性

図2は水平ギャップの長さ $G = 7$ cmにおいて, 針電極を誘電体表面から浮かした高さ H をパラメータとして求めた $v-t$ 曲線である。針電極を浮かした場合, フラッシュオーバー電圧は沿面放電に近く, 浮かした高さ H にはほぼ比例的にフラッシュオーバー電圧が上昇している。この条件のもとでは商用周波電圧によるフラッシュオーバー電圧は針電極を浮かし, 電極間の距離を増した効果があらわれないのに対して, 衝撃電圧においては正, 負極性ともに明らかにフラッシュオーバー電圧に浮かした高さ H に相当する差があらわれている。

3-2 大気相対湿度の影響

大気中の針対平板, 沿面, および針電極を浮かした場合の三者について, 高湿時および低湿時の $v-t$ 曲線を図

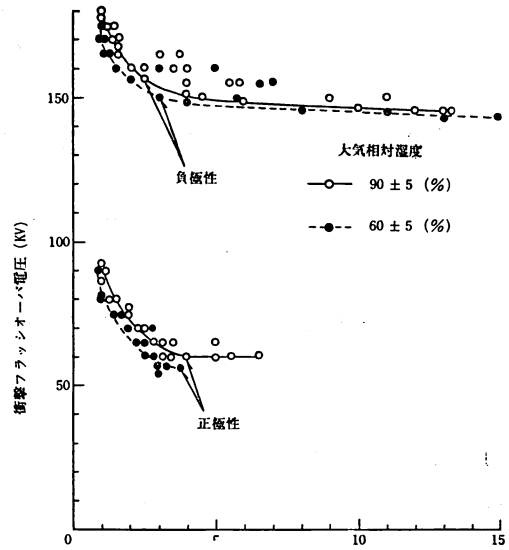


図-3 気中針対平板の $v-t$ 特性
放電までの時間 t (μs)
キャップ長; 7 (cm)

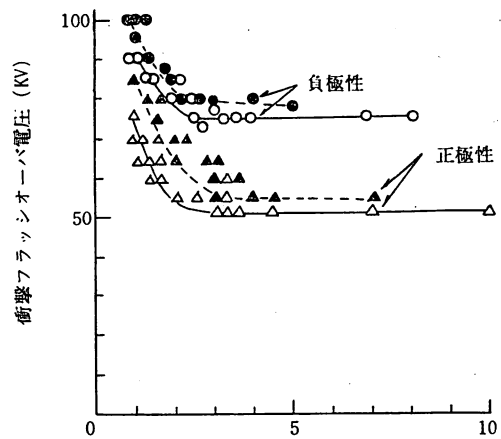
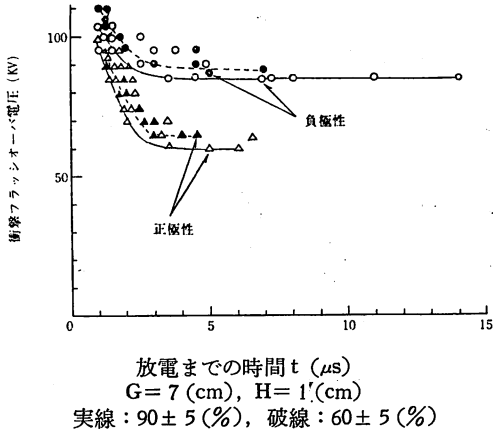


図-4 沿面における $v-t$ 特性
放電までの時間 t (μs)
 $G = 7$ (cm) $H = 0$ (cm)
実線; $90 \pm 5\%$, 破線; $60 \pm 5\%$

図-4 沿面における $v-t$ 特性

3, 4, および5にそれぞれ示した。

図5に示した針電極を浮かした場合, 大気相対湿度の極性に関するフラッシュオーバー電圧は沿面放電の場合と同様な傾向をあらわしている。しかし, いずれの極性も沿面放電の場合よりも明らかに高くなっている。この場合は水平ギャップ長に対して浮かした高さが比較的小さいためである。今後, 誘電体面の影響があらわれない領域を決定する予定である。

図-5 浮かした場合の $v-t$ 特性

3-3 50%フラッシュオーバー電圧特性

図6および図7に衝撃電圧印加の50%フラッシュオーバー電圧特性を示した。

沿面 ($H = 0$) の50%フラッシュオーバー電圧は水平ギャップ長 G の小さい範囲では、正、負両極性の差が小さいが G の増大に伴い、その差は大きくなる。⁽³⁾

また針電極を浮かした場合、正、負両極性ともほぼフ

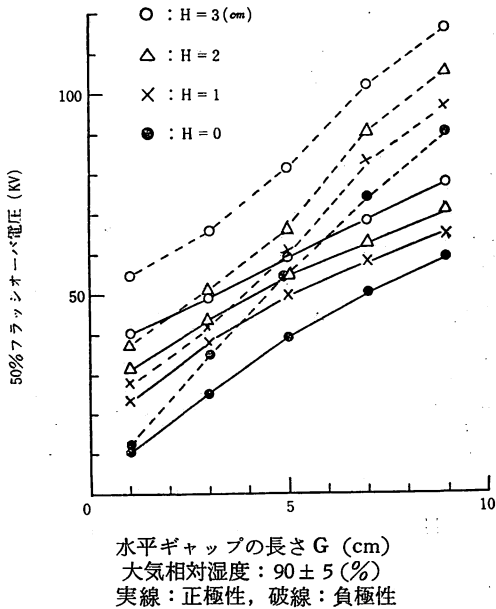


図-6 50%フラッシュオーバー電圧

ラッシュオーバー電圧に浮かした高さ H に対応する差があらわれている。さらに、図6および図7を比較してみると、大気湿度の影響もほとんどあらわれていない。

昭和50年2月

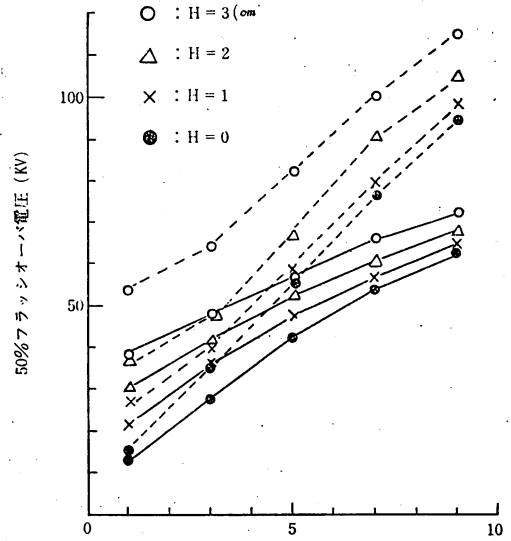


図-7 50%フラッシュオーバー電圧

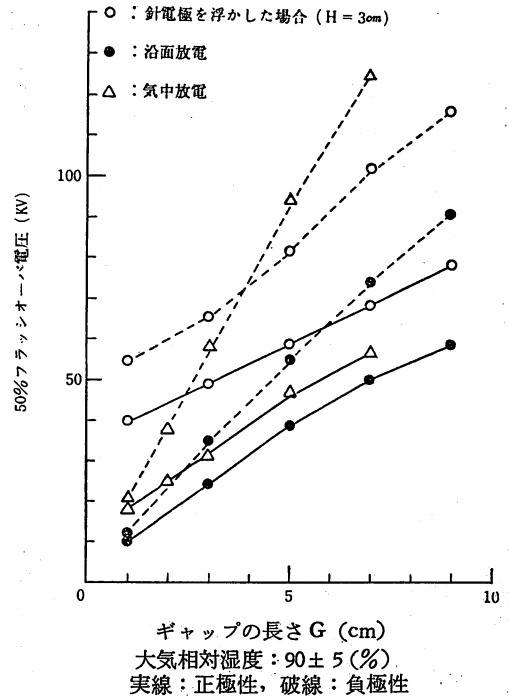


図-8 50%フラッシュオーバー電圧の比較

従って、図示した電極配置の範囲内においては針電極を浮かした効果が明らかである。このことは商用周波電圧の場合と異なった特徴である。

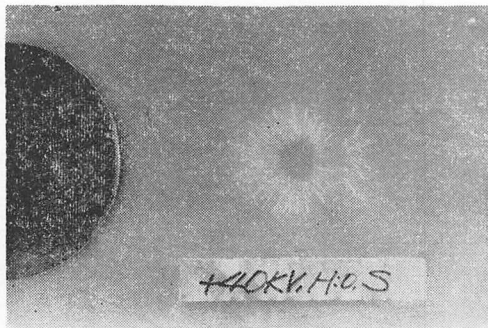
図8に気中放電と沿面放電，および針電極を浮かした場合の50%フラッシュオーバー電圧を比較して示した。

沿面放電の正，負両極性によるフラッシュオーバー電圧の差は気中に比較して少ない。つぎに針電極を浮かした場合，フラッシュオーバー電圧を電極間の直線距離をギャップ長とみなして同一ギャップ長の気中の針対平板電極放電電圧と比較してみると，この場合は誘電体を介することによって正極性は気中のそれよりもやや高く，負極性はその逆に低くなっている。

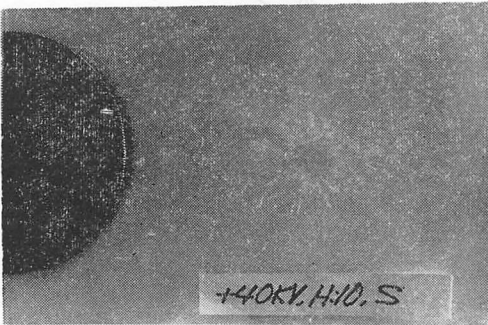
3-4 コロナの伸展と火花の形態

3-4-1 正極性コロナ

図9は背後電極のない場合の正針コロナの伸展状態をダストフィギュアで求めたものである。これはガラス誘電体ではなく，PVC面上で得たものである。従ってその絶対値はガラス面上とは異なるであろうが，定性的に伸展状態を知ることができよう。(A)図は沿面放電，(B)図は針電極を浮かした場合のものである。いずれも大気相対湿度50%で水平ギャップ長 G が9cm，印加電圧40KVのものである。浮かした場合も針電極直下を中心として，正極性特有な樹枝状の伸展をみせている。しかし，針電極を浮かした場合のコロナの伸びの半径が小



(A) 沿面放電



(B) 針電極を浮かした場合

図-9 正針コロナのダストフィギュア

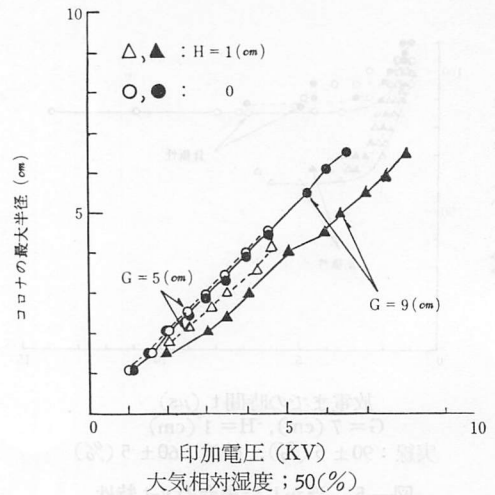


図-10 正針コロナの伸び



(A) 沿面



(B) 針電極を浮かした場合

図-11 正針コロナのリヒテンベルグフィギュア

さくなっている。

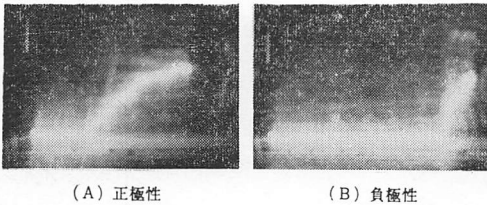
図10に印加電圧とコロナの伸びの最大半径との関係を示した。

沿面放電 ($H=0$) においては，水平ギャップ長の大小の影響がコロナの伸びにほとんど影響されず，このように背後電極のない場合においても，コロナの伸びと印

加電圧の比がほぼ1cm/10KVと一定になることがわかった。浮かした場合は、水平ギャップ長が大きくなるとこの関係が小さくなっているが、やはり原点を指向する直線としてあらわし得るようである。(4)

一方、図11の(A)，(B)に沿面および浮かした場合(H=1cm)のリヒテンベルグフィギュアを示した。これは大気相対湿度が高い90%でフラッシュオーバー電圧に近い印加電圧におけるものである。

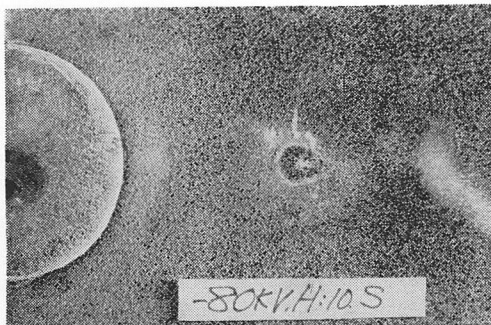
前者の場合、円板端より点状のグローコロナがあらわれ、これに交わった正極性コロナに沿って著しい輝度の光条を示している。後者の針電極を浮かした場合、未だ円板端より点状のグローコロナがあらわれていないが、円板端より前面約1.5cm付近まで幅の広い正コロナがあらわれていることが明白である。そしてその前面は急激に拡散している。すなわち、この密度の高いストリーマコロナの先端がフラッシュオーバーの起点となっているようである。すなわち、火花の形態も図12の(A)のように誘電体面の一部をほうのが一般である。



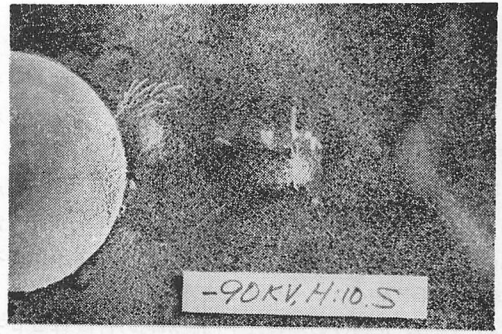
図—12 火花の形態

3—4—2 負極性コロナ

図13の(A)，(B)に針電極を浮かした(H=1cm)場合におけるPVC面上のダストフィギュアを示した。(A)図は—80KV，(B)図は—90KVのものである。(A)図においては針電極直下の小さな正図形のまわり、楕円状の負図形があらわれ、その周辺にさらに正図

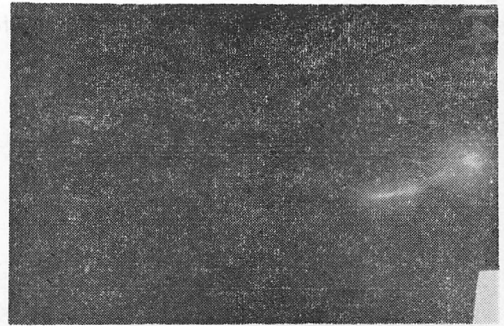


(A)



(B)

図—13 負極性コロナのダストフィギュア



図—14 負極性コロナのリヒテンベルグフィギュア

形、特にスポット状の正図形の数が増している。また、円板電極側からは明らかに樹枝状の正のストリーマコロナが伸展していることがわかる。(4)

一方、ガラス面上のリヒテンベルグ図形を図14に示したが、前述のスポット状のコロナから針電極直下の方へ集中していることがわかる。火花の形態は図12の(B)のようにこのスポットを起点に空中へ立ち上がっていることがわかる。

すなわち、針電極を浮かした場合の火花の経路は誘電体面の水平ギャップの一部をほうのみであるので、誘電体面のフラッシュオーバー電圧におよぼす影響は小さい。しかし、負極性においては平板側からの正の沿面ストリーマコロナの伸展が大きいため、水平ギャップ長の大部分が沿面火花の経路となる。従って空中の針対平板フラッシュオーバー電圧より著しく低い値になる。

4. ま と め

以上の結果をまとめると次のように摘記することができる。

1) 衝撃電圧においては商用周波電圧のように、誘電体面の介在による大気相対湿度の影響はほとんどあらわ

れない。

2) すなわち、針電極を誘電体面より浮かすことにより、浮かした距離に対応して正極性および負極性のフラッシュオーバー電圧はともに高くなり、大気相対湿度による差は小さい。

3) 針電極を浮かした場合、負極性の場合には正極側からの沿面ストリーマコロナの伸張が旺盛で、火花は針電極直下付近から誘電体面をはう。従って、針対平板のそれに比べてフラッシュオーバー電圧は著しく低下する。

4) 一方、正極性の場合には平板側からの負極性コロナの伸張が困難であるので、火花は誘電体面をはい難く、たまたまごく一部分をはう状態であるため、真空中、沿面放電の両者とあまり変わらない。

5) 3), 4) 項の火花の形態は商用周波電圧のそれぞれ

の極性の場合と全く逆の特性をもっている。

以上のように衝撃電圧においては、商用周波電圧の特性と著しく異なり、今後この機構の解明と、誘電体面がフラッシュオーバー電圧におよぼす影響、ならびにその範囲について検討する予定である。

参 考 文 献

- (1) 長谷川, 沓沢, 赤上: 誘電体面の真空中放電におよぼす影響: 秋田高専研究紀要第8号: 1973
- (2) 長谷川, 沓沢, 赤上: 電気関係学会 東北支部連大 (4 A-14): 1968
- (3) 長谷川, 菅原, 赤上: 電気四学会連大 (103): 1969
- (4) 長谷川, 沓沢, 赤上: 電気関係学会 東北支部連大 (3 A-25): 1969



図12 火花の形態

3-4-2 放電時

図13の(A)は、(B)に比較して電圧が低い(10kV)で、火花の形状がより複雑で、中心部に明るい部分がある。図13の(B)は、(A)に比較して電圧が高い(20kV)で、火花の形状がより単純で、中心部に明るい部分がある。



(A)