

# 誘電体面の気中放電におよぼす影響 (電流制限抵抗の影響)

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  
(on the effect of the variation in the current limit resistances)

Seiichi HASEGAWA, Toshiaki TAHATA  
Toshio KUTSUZAWA, Hideo AKAGAMI  
(昭和55年10月31日受理)

The authors have already reported on the air breakdown phenomena in the needle-plate electrodes, placed on the dielectric surface.

This air breakdown is influenced by the air relative humidity and conditions of electrodes gap length.

In this paper, the results of the experiment on the effect of the current limit resistance on this air breakdown are reported.

## 1. ま え が き

たとえば長幹がいしなどのような背後電極を有しない、同一誘電体面上における商用周波電圧における沿面放電現象は実際の適用例が多い。

筆者らはこの現象を解明するためこれをモデル化し、くもりガラス面における針対平板の非対称電極の放電現象について基礎的な研究を行ってきた。前報<sup>1)</sup>において針電極を誘電体面から空気中に浮かした場合、大気相対湿度が高い場合のフラッシュオーバー電圧はその水平ギャップ長Gにおける沿面フラッシュオーバー電圧にほぼ一致する領域が存在することを報告した。またこの領域においては印加電圧の上昇にともない、正針時において針電極から誘電体面をはって平板電極に向かうストリーマ状コロナが安定に発生し、このコロナ電流の増大を経てフラッシュオーバーに至る。この電極配置のもとでは正のストリーマ状コロナの定在性がフラッシュオーバー電圧を大きく支配する。今回は放電電流の制限抵抗の大きさがフラッシュオーバー電圧特性におよぼす影響を調べる目的で制限抵抗、大気相対湿度等の種々の条件のもとで

実験を行ない、検討を加えた。

## 2. 実 験 方 法

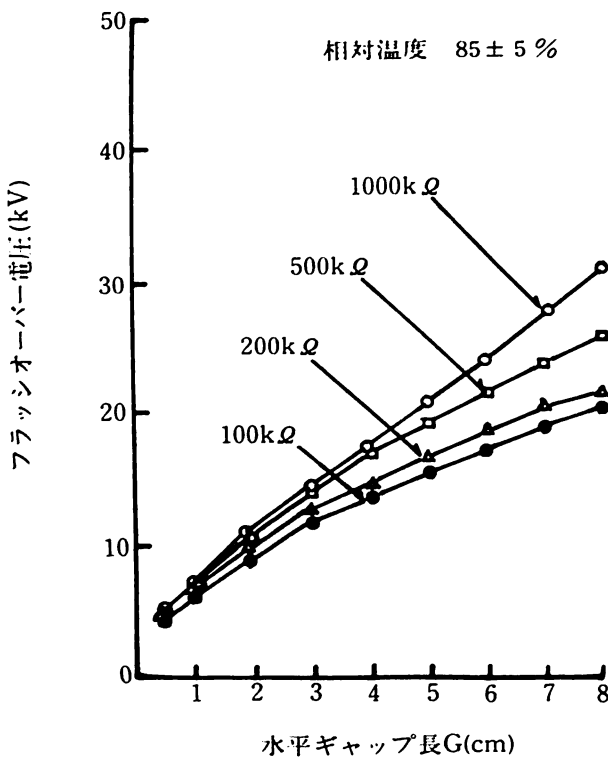
電極および電極配置は前報<sup>1)</sup>と同様で、誘電体としては市販のくもりガラス(300×200×2mm)を用い、そのくもり面を放電面としてその一方に銅製半円板電極(半径60mm, 厚さ1.2mm)を密着し、これを接地した。針電極としてはその先端を半球状に研磨した3.5mmφのタングステン線を用い、その針端から半円板電極端までの水平ギャップ長Gおよび針電極を誘電体面から浮かした垂直高さHを自由に調節できるよう配置した。これらの装置を容積約0.9m<sup>3</sup>の調湿槽に収納し実験を行なった。実験に使用した試験用変圧器は容量10kVA, 電圧200V/100kVで、印加電圧の上昇速度は3kV/s一定として実験を行なった。

## 3. 実験結果と考察

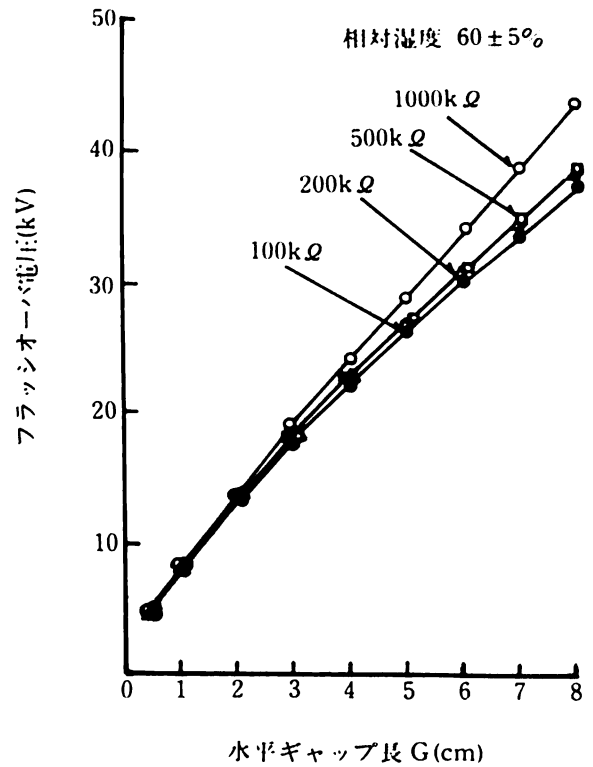
### 3.1 沿面フラッシュオーバー電圧特性

前述の電極配置のもとで針電極を誘電体面上で平板電極と対向させた場合、すなわち針対平板電極の

\* 秋田大学鉱山学部電気工学科教授



第1図 沿面フラッシュオーバー電圧特性



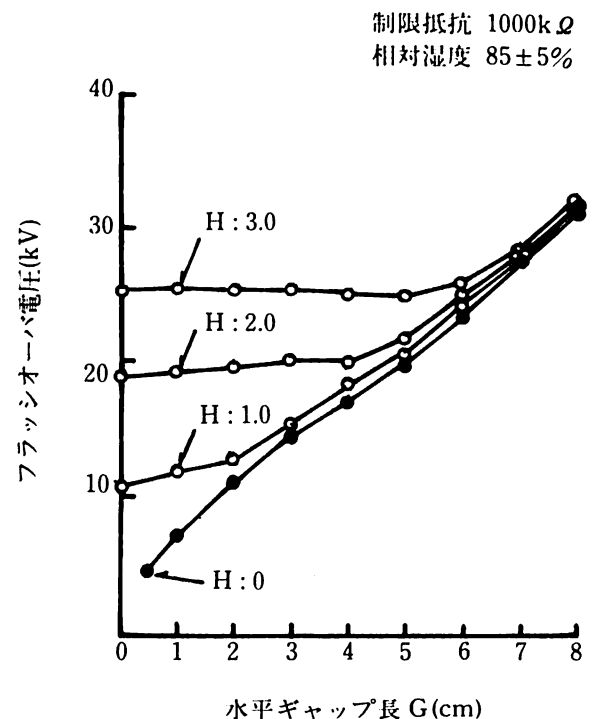
第2図 沿面フラッシュオーバー電圧特性

誘電体面上における沿面フラッシュオーバー電圧特性を第1図および第2図に示した。これは大気相対湿度が高い場合と低い場合の例として、それぞれ湿度が85±5%、60±5%の場合のフラッシュオーバー電圧特性を示したものである。

高湿の場合、フラッシュオーバー電圧が低湿の場合より低くなり、制限抵抗が小さくなるにともなってその低下の度合いが大きい。この場合誘電体面は吸湿した水分により著しく導電的となるため、誘電体面を流れる漏れ電流も10mA前後に達し、印加電圧の上昇過程において蒸発、乾燥する。その乾燥の進み方は制限抵抗が小さい場合は急速で、漏れ電流の集中する針電極付近では局所的な乾燥が進行する。また印加電圧の上昇によって、その部分にスポット状の発光部が形成されるのがみられ、この瞬間フラッシュオーバーへ移行する例が多い。これに対し制限抵抗が大きい場合は漏れ電流は前者より小さく、印加電圧の上昇過程における誘電体面の水分の乾燥状態は針電極と平板電極間の誘電体面全般にわたり、フラッシュオーバー時点ではほぼ均一に乾燥した状態になっている。したがって制限抵抗が大きい場合のフラッシュオーバー電圧は大気相対湿度の影響が少ないことになる。

低湿の場合、針電極と平板電極間の誘電体面の漏れ抵抗が高湿の場合に比べて大きいので漏れ電流も

小さい。印加電圧を上昇するにしたがい、針電極から誘電体面に向かってさかんにコロナが展開する。このコロナ電流は正針時、負針時とも流れ、この電流の増大を経てフラッシュオーバーに至る。また制限抵



第3図 浮かした場合のフラッシュオーバー電圧特性

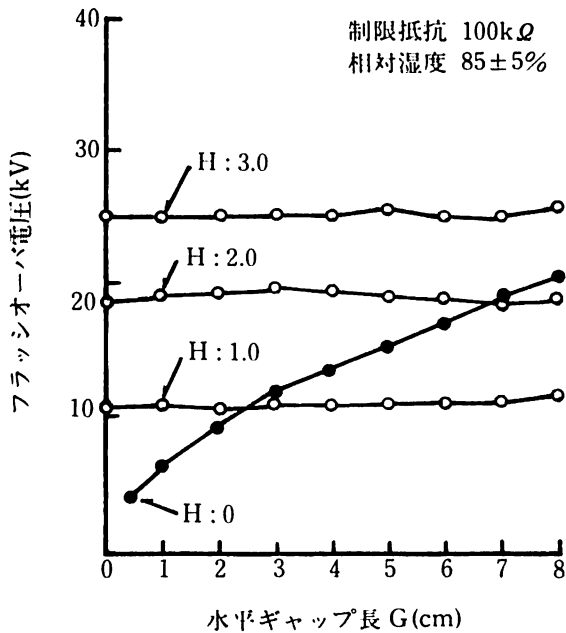
誘電体面の気中放電におよぼす影響(電流制限抵抗の影響)

抗の大きさがフラッシュオーバー電圧におよぼす影響は少なく、水平ギャップ長の大きい範囲で制限抵抗の大きい場合のフラッシュオーバー電圧が抵抗の小さい場合のそれより、やや高くなる程度である。

3.2 針電極を浮かした場合のフラッシュオーバー電圧特性

第3図および第4図に高湿の場合の例として、大気相対湿度が85±5%におけるフラッシュオーバー電圧特性を制限抵抗が1000kΩの場合と100kΩの場合について示した。

制限抵抗が1000kΩの場合、水平ギャップ長がある大きさ以上には達すると針電極を誘電体面から浮かしても、フラッシュオーバー電圧がその水平ギャップ長Gにおける沿面フラッシュオーバー電圧にはほぼ一致する領域が存在する。すなわちこの領域では針電極を浮かした効果がなくなる。この場合、針電極が正極時においてストリーマ状コロナが針電極直下附近から平板電極に向かって誘電体面をはって橋絡する。フラッシュオーバー時の火花の形態も同様に誘電体面の一部をはって橋絡する。この正ストリーマ状コロナはその開始電圧付近では100μA程度の単発生パルス電流であるが、印加電圧の上昇ともななって数10kHzの繰り返しで発生するようになり波高値も増大する。さらに印加電圧を上昇すると第5図に示したような波高値が数mA程度の基底をもった電流にパルスが重畳するような形をとる。しかしこの形式のコロナ電流は連続して各サイクルごとに流れるのではなく、間欠的にあらわれる。この間欠性は誘電体面のコロ

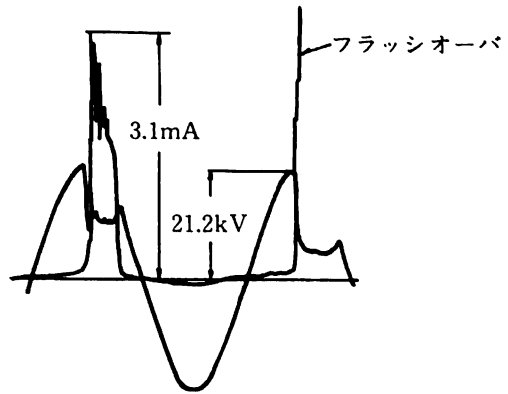


第4図 浮かした場合のフラッシュオーバー電圧特性

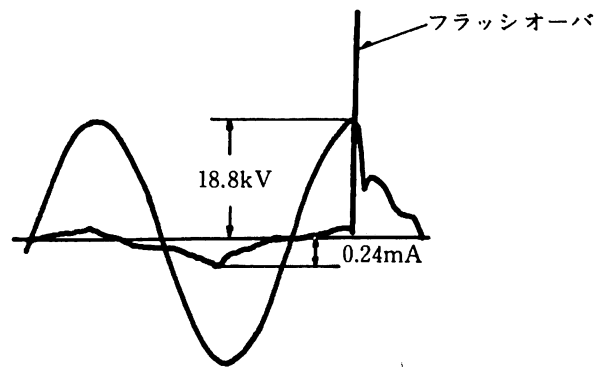
ナ電流による乾燥と大気からの吸湿の繰り返しによるものである。

これに対し制限抵抗を変圧器保護抵抗程度の100kΩと小さくした場合のフラッシュオーバー電圧特性は前述の1000kΩの場合とは全く異なる特性を示す。すなわちフラッシュオーバー電圧特性には水平ギャップ長の効果があらわれず、各浮かした高さにおいて、ギャップ長を増大してもほぼ一定となる。そしてこのフラッシュオーバー電圧の最低値は制限抵抗が大きい場合の正ストリーマ状コロナの開始電圧に一致している。沿面フラッシュオーバー電圧はギャップ長に対して直線的に上昇するので、本実験の範囲では針電極を浮かした高さが小さい場合、水平ギャップ長が大きい範囲ではそのフラッシュオーバー電圧が沿面フラッシュオーバー電圧より低くなる。したがってこのような水平ギャップ長においては、制限抵抗の小さい場合のフラッシュオーバー電圧は制限抵抗の大きい場合より著しく低下する。またフラッシュオーバーに至る過程において、制限抵抗が1000kΩの場合のような正ストリーマ状コロナの著しい進展は認められない。第5図に示した

G=3.0cm H=1.0cm  
相対湿度 85±5%

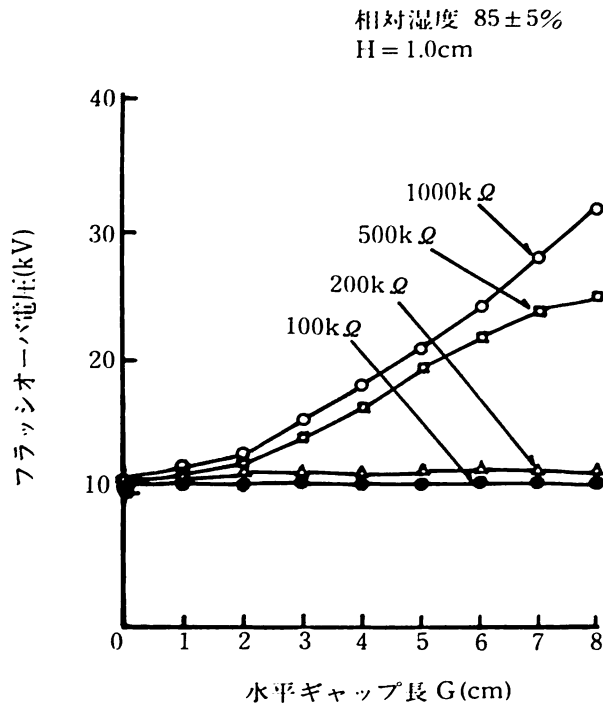


(a) 制限抵抗1000kΩの場合



(b) 制限抵抗100kΩの場合

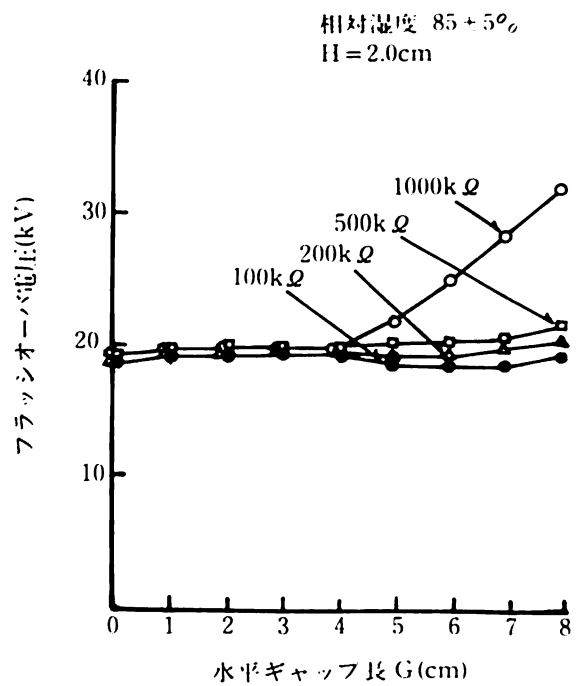
第5図 フラッシュオーバー近傍の電圧電流波形



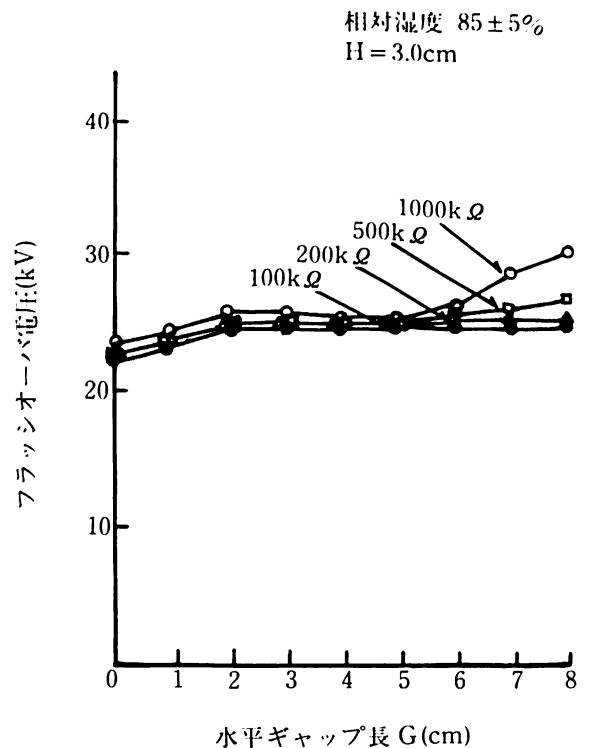
第6図 制限抵抗をパラメータにとったフラッシュオーバー電圧特性

ようにフラッシュオーバー近傍においてコロナ電流は前者より著しく小さく、印加電圧の最大値附近において直ちにフラッシュオーバーへ移行している。

次に制限抵抗をパラメータとした高湿状態のフラッシュオーバー電圧特性を第6, 7, 8図に示した。各浮かした高さの場合において、水平ギャップ長が小さい範囲ではフラッシュオーバー電圧は水平ギャップ長に関係なく、ほぼ一定となる。このフラッシュオーバー電圧が一定となる水平ギャップ長の範囲は、針電極を浮かした高さHが大きくなるにともない拡大される。この範囲では制限抵抗の増大にともなうフラッシュオーバー電圧の上昇も僅かである。またフラッシュオーバー時の火花は誘電体面をはい難く、針端と平板電極端を直接橋絡する形態をとる。制限抵抗が大きい場合、ある水平ギャップ長以上になると正のストリーマ状コロナが発生する。そしてフラッシュオーバー電圧は水平ギャップ長の増大にともない上昇する。たとえば浮かした高さHが1cmの場合、制限抵抗が500kΩ, 1000kΩのフラッシュオーバー電圧は水平ギャップ長Gが3cm以上ではほぼ直線的に上昇する。これに対し制限抵抗が200kΩ, 100kΩと小さい場合のフラッシュオーバー電圧は、水平ギャップ長の効果があらわれないで、ほぼ一定値をとり、前者の場合と顕著な差異を示している。しかし浮かした高さが大きくなるのにもなって、制限抵抗が1000kΩの場合を除いては、水平ギャップ長を増加しても、フラッシ



第7図 制限抵抗をパラメータにとったフラッシュオーバー電圧特性

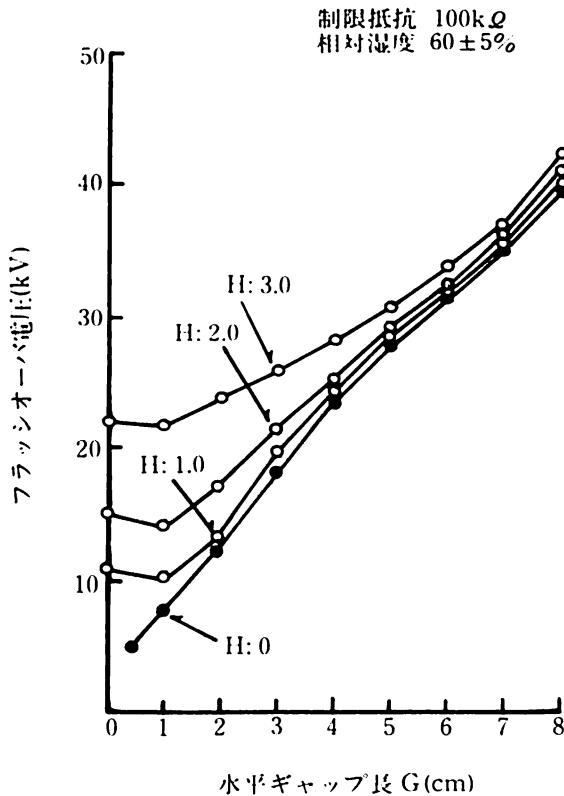


第8図 制限抵抗をパラメータにとったフラッシュオーバー電圧特性

オーバー電圧はほとんど上昇しない。

第9図および第10図に大気相対湿度が $60 \pm 5\%$ におけるフラッシュオーバー電圧特性を制限抵抗が100kΩの場合と1000kΩの場合について示した。制限抵抗の大小にかかわらず、フラッシュオーバー電圧特性は沿面フラッシュオーバー電圧に収束するような形で、水平ギ

誘電体面の気中放電におよぼす影響(電流制限抵抗の影響)



第9図 浮かした場合のフラッシュオーバー電圧特性

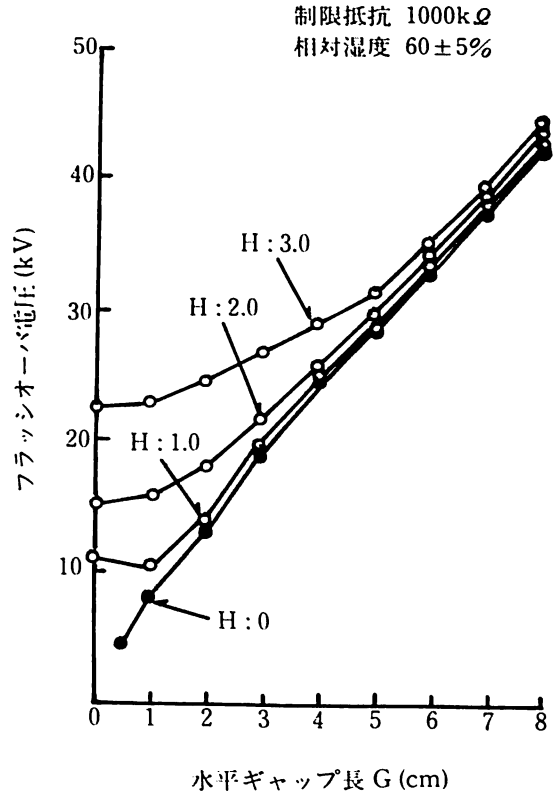
ギャップ長の増大にともなって上昇する。この場合、正ストリーマ状コロナの発生はみられず、その開始電圧とフラッシュオーバー電圧がほぼ一致しているとみなされる。また制限抵抗の大きさによる特性の変化も少なく、水平ギャップ長の大きい範囲で、制限抵抗1000kΩにおけるフラッシュオーバー電圧が100kΩにおけるそれより、やや高くあらわれる程度で高湿の場合のようなきわだった差異はみられない。

以上のことから針電極を浮かした場合、沿面の場合と異なり高湿状態で誘電体面が吸湿した水分によって導電的となっていて、放電空間があるため漏れ電流が制限される<sup>2)</sup>したがって誘電体面の漏れ電流による乾燥効果は小さい。このため制限抵抗が大きい場合は正ストリーマ状コロナが発生する。しかるに制限抵抗が小さい場合はこの正ストリーマ状コロナの開始時点でフラッシュオーバーへ移行することになる。

4. ま と め

以上の結果から同一誘電体面上にあい対した針対平板電極放電に制限抵抗がおよぼす影響について要約すると次のように摘記することができる。

- 1) 沿面フラッシュオーバー電圧については高湿時に



第10図 浮かした場合のフラッシュオーバー電圧特性

において制限抵抗の影響が大きくあらわれる。すなわち、制限抵抗が小さくなるのにもなってフラッシュオーバー電圧は低下する。

2) 針電極を浮かした場合、低湿時においては制限抵抗の影響は少ない。そのフラッシュオーバー電圧特性は沿面フラッシュオーバー電圧に収束するような形で、水平ギャップ長の増大にともなって上昇する。

3) 針電極を浮かした場合、高湿時においては制限抵抗の影響が顕著にあらわれる。

制限抵抗が大きい場合、水平ギャップ長がある大きさ以上になると、針電極を浮かしてもそのフラッシュオーバー電圧は、その水平ギャップ長における沿面フラッシュオーバー電圧に一致する。

一方、制限抵抗が小さい場合のフラッシュオーバー電圧は、水平ギャップ長に無関係にほぼ一定値をとり、その最低値は正ストリーマ状コロナの開始電圧に一致する。

参 考 文 献

- 1) 長谷川, 沓沢, 赤上: 誘電体面の気中放電におよぼす影響: 秋田高専紀要第8号: 1973
- 2) 長谷川, 田畑, 沓沢, 赤上: 電気関係学会東北支部連大(1C-12): 1979