

雷雲付近を飛行する航空機の雷放電特性*

(航空機の雷害対策に関する基礎研究)

岡 崎 三 郎

1. 緒 言

近時航空輸送事業の飛躍的発展にともない、種々の原因による航空事故の数もまたこれに比例して増加しつつあり、航空機の安全性に対する関心および要望はますます高くなってきた。

航空輸送の安全性をおびやかすものは、航空機自体の欠陥のみならず、航行途上遭遇する雷雲、雪あらし、晴天乱流等の異常気象である。現在はこのような異常気象の存在する地点は、航行高度の変更、または迂回飛行などの消極的手段によって回避しているが、今後運行便数の増加するにつれて、このような航路変更の自由度はますます制限されるものと考えなければならない。したがって今後は積極的にこのような異常気象の航空機に及ぼす影響の解明につとめ、これに対する根本的対策をたてるべき時期にきていると思われる。

本報告は上記異常気象のうち、雷雲の航空機に対する純電氣的影響について行なった基礎研究に関するものである。実際の雷雲中またはその近傍には通常異常な乱気流（強い上昇気流や下降気流を含む）が存在し、このため雷雲中またはその近傍を飛行する航空機が純機械的に破壊され、重大事故に至ることが少なくない。本報告ではこのような純機械的の問題には触れず、航空機が雷雲間または雷雲と大地との間を飛行するときにおこる雷放電現象、すなわち純電氣的現象について、実験室で行なったモデル実験研究をとり扱っている。

2. 航空機と雷放電現象（雷撃）

航空機への雷撃*のひん度は意外に高いが多くは大事に至らず、機体の一小部分の熔融や破損程度ですんでいるのが普通である。しかしときにはこれによって多くの人命が失われるような重大事故が起こっている。現用の航空機の機体はすべて全金属製であるため、一時航空機は雷撃に対しては安全であると考えられたこともあるが、その後この考えに対する反省

* 本報告は昭和43年宇宙航空研究所に組織された「航空安全委員会」の委員の一人として筆者の分担した研究に関するものである。

* 俗に雷がある物体に**落ちる**という言葉が用いられるが、学問的には必ずしも正しい表現ではない。落ちるという言葉は当然上から下へ向かう現象を想像させるし、さらに現象が時間の経過とともに空間的に一方向に進展することを暗示するが、雷放電の継続時間はきわめて短かく、少なくとも肉眼的にはこのような放電の時間的、空間的経過を明らかにしうるものではなく、このような表現は全く心理的なものである。航空機への**雷撃**という表現も同様適切でなく、正しくは雷雲と航空機との間の気中放電というべきであるが、ここでは便宜上あえてこのような表現を用いた。

を促がすような種々の事実が判明し、現在では慎重な検討が要望されるようになった。

雷放電現象は電氣的にいえば一種の気中放電現象であって、雷雲中に蓄積されれば正または負の電荷が、他の雷雲の電荷、または大地に誘導された電荷と大気を通じて中和する現象である。雷雲近傍を飛行する航空機自体は、雷雲からの誘導によって電荷（誘導電荷）を帯びるが、このときの帯電は正負等量であるから、航空機全体としての全荷電量すなわち net charge は0である。しかし航空機の形状は複雑で多くの突起部を有するため、機体表面各部の電界いかんによっては局部的にいわゆるコロナ放電をおこし、このため機体表面上の正負両電荷の均衡が破れ、航空機の有する全荷電量は0とならず、正または負の net charge をもつことになる。このほか、たとえば航空機が雪あらしや多量の砂塵が浮遊する大気中を飛行するとき、雪や砂との衝突によって正または負の net charge を帯びることが知られている。このように誘導電荷であれ net charge であれ電荷を帯びた航空機が雷雲近傍を飛行するとき、雷雲間または雷雲と大地との間の電界に影響を及ぼし、あるいは雷雲と航空機との間に放電がおこり、あるいは雷雲-航空機-雷雲（または大地）の三者間に同時にかつカスケード的に放電がおこる。この放電は蓄積電荷の中和であるから一種の Condenser 放電であり、放電継続時間は1s.以下の短時間であるとはいえ、放電電流の大きさはときには数100kAにも達する。したがって種々の作用を操縦者や航空機自体に与えることが想像される。たとえば放電にともなう強烈な光により操縦者の視覚を一時的に喪失させ操縦をあやまらしめることもあろう。また機体は全金属製とはいえ、多くの金属板をリベットなどで連結したものであるが、この連結部の電氣的接触が不十分であるときは、機体への雷撃の際その表面が等電位とならず、局部的に異常電位差をもつことも考えられる。さらに機体表面には窓その他の非金属部が実在するから、機内の外界に対する静電的、電磁的しゃへいも完全とはいえない。したがってたとえば雷撃にともなう機体表面に流れる大電流による電磁誘導のため、機内にある多くの導体（機内配線その他）間に異常高電圧を発生し、絶縁破壊や感電などを起こすことも容易に予想されるところである。

航空機に対する上記二種の雷撃のうち、放電が一つの雷雲と航空機との間だけにおこる場合は、航空機の幾何学的寸法から考えて、雷雲-航空機-雷雲（または大地）間のカスケード放電に比べて放電エネルギーが小さいと考えられ、航空機に与える災害は比較的小さいと想像される。最も危険なものは航空機を經由しておこる雷雲間または雷雲と大地との間の放電であろう。このときは雷雲に蓄積された多量の電荷が機体を經由して中和するため、機体表面上を大電流が流れる可能性があり、前述のような種々の作用を航空機に与え、大事故に至る危険性がある。なお既述のように雷雲中または雷雲付近に存在する異常な乱気流によって機体の一部たとえば燃料系統に欠陥を生ずると、たとえ雷雲-航空機間のみの放電であっても燃料に引火して火災や爆発などをおこす危険もありうるといえる*。

以下報告するモデル実験においては、雷雲、大地それぞれのモデルに対する航空機モデルの相対的位置いかんにより、雷雲モデル間もしくは雷雲モデル、大地モデル間の閃絡放電々

* またたとえ機体に機械的欠陥がなくても、燃料タンク内の燃料表面上に存在する燃料蒸気と空気との混合比がある範囲にあるときは、前述の雷放電電流の電磁誘導による微小火花放電によって爆発をおこす可能性もある。

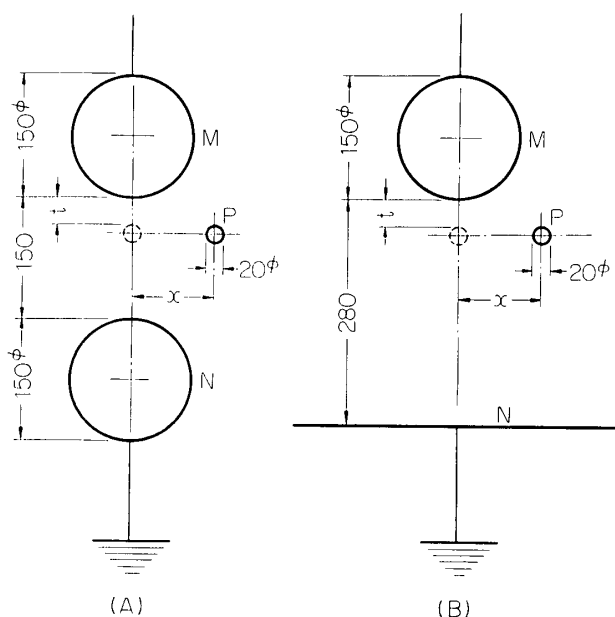
圧がいかにか影響されるか、また雷雲 - 航空機 - 雷雲（または大地）間にカスケード閃絡放電のおこる限界について検討した。

3. 雷雲および航空機のモデル

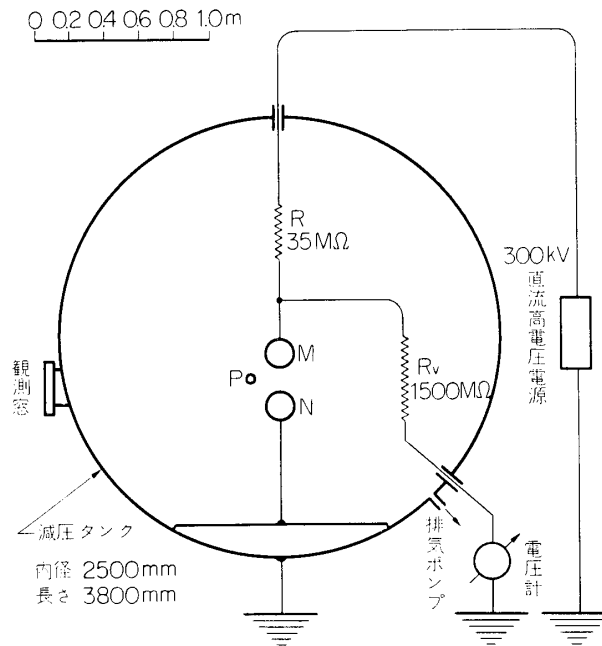
実験室において雷放電に関する実験を行なうにはモデルによらざるを得ない。以下筆者の用いた雷雲およびその近傍を飛行する航空機のモデルについて述べる。

(A) 雷雲のモデル

雷雲はもちろん水蒸気の凝結または氷結してできた水滴および氷晶よりなるが、通常の雲に比し特徴的なことは、これらの多くが帯電していることであろう。いいかえれば雷雲は正負の電荷が分布してできた分散系である。これを実験室で再現して放電実験を行なうことはきわめて困難であるから、結局雷雲のモデルとして直流高電圧電源に接続された金属球を用いることにした。実際の雷雲のようにその形状が不定で、電荷が空間的に分布しているものを金属球のように明確な界面を有し、その表面に電荷が面分布しているものでおきかえることは大胆きわまるものといわなければならないが、これに替るべきより適当なモデルが得られない以上、金属球モデルを用いて得られる実験結果の解釈および演えきに行過ぎのないよう十分注意するよりほかはない。われわれはこの実験において、第1図および第2図に示すように異極性の雷雲モデルとして 300 kV の直流高電圧電源に接続された正負二つの金属球 M 、 N （直径：150 mm，間隔：150 mm）を、また大地上空に存在する雷雲モデルとして同じく直流高電圧電源に接続された金属球 M （直径：150 mm）と金属平板 N （700 mm×915 mm）とをもって代表することにした。（球と平板間距離：280 mm）実際の雷雲が雷放電として放電する際、雷雲を構成する正負空間電荷が移動、中和する過程と、金属球表面に存在する電荷が放電路を通じて中和する過程との間には相当の差異があることは容易に想像され

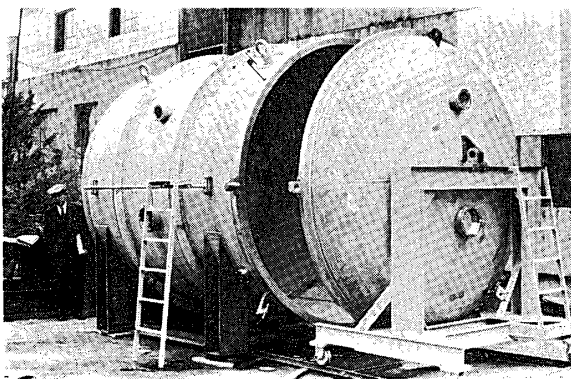


第1図 モデル電極



第 2 図

ることであろう。すなわち空間電荷相互の間にかなり高い抵抗値の通路を考える必要があるから、雷雲のモデルとしてはむしろ相当高い比抵抗を有する物質で作った球体を用いるのがより現実に近いかも知れない。また実際の大地を構成する土壤の導電率は金属よりもかなり低いのであるから、大地を代表するには比抵抗の高い導体板を用いる方がより現実的であろう。しかしここに報告する実験においては、第一近似として第 1 図および第 2 図に示すように雷雲モデルおよび大地モデルとして金属球および金属板を用い、これらを高抵抗 R (水抵抗器) を経て直流高電圧電源に接続したシステムを採用することにした。



第 3 図 減圧タンク 内径：2500 mm

球電極を球の大きさに比し十分大きい円筒状金属製減圧タンク (内径：2500 mm, 長さ：3800 mm) 内に収容し、その中の空気を雷雲の存在する種々の高度に相当する値に保って放電実験を行なった。(排気用油廻転ポンプ：1800 lt./min) したがって球電極間および球電極

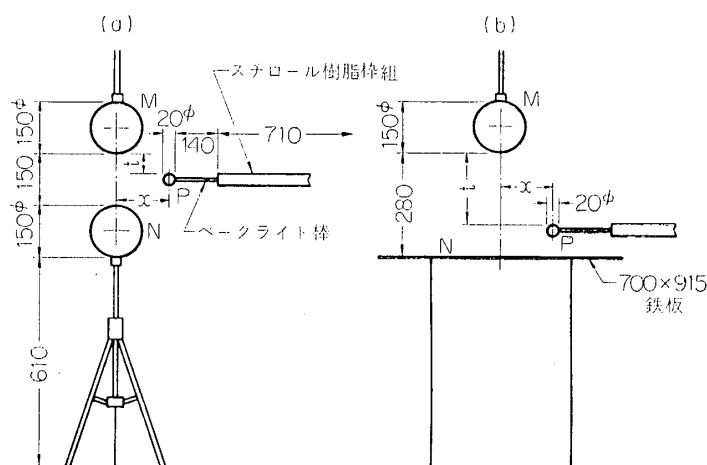
なお実際の雷雲は多くは地上 1 km 以上に存在するのであるから、雷雲と大地との間には空気密度の差が存在する。また二つの雷雲がその高度を異にするときも同様両雷雲間に空気密度の差が存在する。実験室内において二つの電極間に空気密度のこう配を実現して放電実験を行なうことはこれまたきわめて困難で、断念せざるを得ない。したがって、われわれは第 2 図および第 3 図に示すように、

と金属板間の空気密度は均一であるから、これまた実験結果から結論を出す際十分留意する必要がある。なお第1図(A)のように二つの雷雲モデルによる実験には直流高電圧電源として両端絶縁式のものが見たいが、用いたものは一端接地式のものであったから雷雲モデルたる二つの金属球は大地(減圧タンク)に対し非対称な配置となっている。

(B) 航空機のモデル

現用の航空機は金属板でおおわれているから、大気中を飛行するときは等電位面でかこまれ電氣的に浮電位にある一つの独立導体と考えることができる。われわれは実験室で用いる航空機のモデルとして第1図および第2図に示すように大地から絶縁した金属球P(直径: 20mm)を用いることにしたが、これでは複雑な形状を有する現実の航空機を代表するには不十分なので、この球の一方または二か所に2~3mmの金属突起をとりつけたものを採用した。金属突起としては金属針(径: 0.8mm)を用いたが、実際に放電実験を度重ねると放電電流のためそのせん鋭な先端が熔融消耗してしまうから、むしろ始めから先端がある程度熔融してしまった針を用いることにした。1回放電ごとに針を取替えることは、とくに低気圧下の実験を行なうときそのつど減圧タンクのとびらを閉鎖する必要があり、その煩にたえない。実際問題としてある程度熔融消耗した針の先端のその後の消耗は、放電電流を適当な値に制限すればさほど気にする程著しいものではないから、数10回の放電実験後にとり替える程度で差つかえない。

またこの航空機モデルはできれば何の支持物も用いないで空中に保持することが望ましいが、実際問題として不可能であり、また雷雲モデル間におけるその位置を種々変化する必要上、第4図に示すように航空機モデルたる球電極Pを絶縁抵抗の十分高い($10^{14}\Omega$ 以上)絶縁物支持体(長さ140mmのベークライト棒*および長さ710mmのスチロール樹脂製棒組を使用)にとりつけ、これをモータ駆動の機構で雷雲モデルたる金属球Mに対する相対



第4図 電極配置

M, N: 雷雲および大地モデル

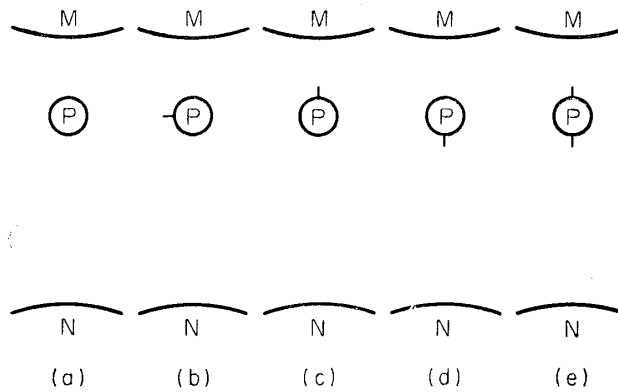
P: 航空機モデル

* スチロール樹脂製の棒が望ましい。

位置を変化させた。なお実験装置の都合でモータ駆動によって変化できるのは第1図の t のみであったから、 x は手動によって変化させた。したがって後述するように閃絡放電特性のうち x 特性は大気圧下においてのみ測定を行なった。

4. モデル電極による閃絡放電特性の実験

実際の航空機が雷雲間またはその近傍を飛行するときの雷放電特性は、その形状が単純でないことから考えて、雷雲に対する航空機自体の姿勢によって異なることは容易に想像される。航空機のあらゆる姿勢に対する雷放電特性を求めることは、その煩にたえないのみならず、原則的な結論を得ることが困難であるから、筆者は第5図 (a)~(e) に示すように P 電極にとりつける突起の向きをいろいろかえて得られる5種のモデル電極配置について閃絡放電特性の実験を行なった。



第5図

(A) 閃絡放電電圧の t 特性

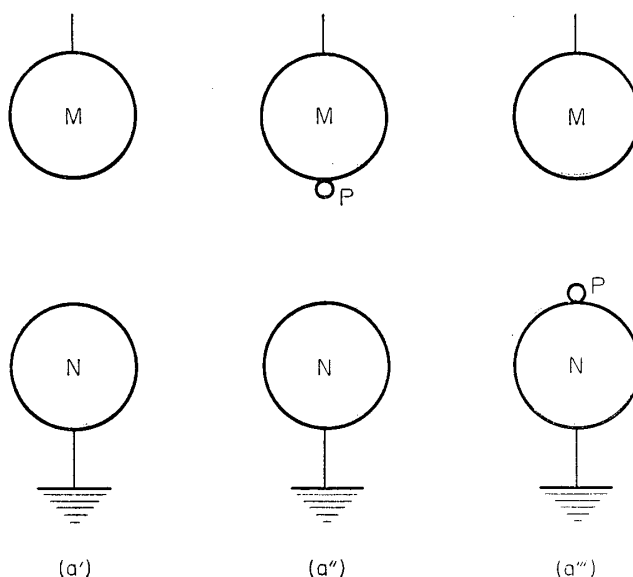
第1図(A) に示すごとく雷雲モデルたる M, N 両球状電極を上下に配置し、航空機モデルたる球状電極 P を M, N 両電極の中心を結ぶ鉛直線上 (したがって $x=0$) の種々の位置 t に、固定しこれに対し第5図 (a)~(e) の各場合の閃絡放電特性を求めた。この実験は次表に示すような種々の気圧のもとに行なった。なお比較のため、第5図 (a)~(e) の場合のほか、第6図(a'), (a''), (a''') の場合についても実験した。

	気 圧 mmHg	相当する高度* (標準大気) m
1	大気圧	0
2	630	1,550
3	530	2,930
4	360	5,850
5	200	10,000
6	120	13,200

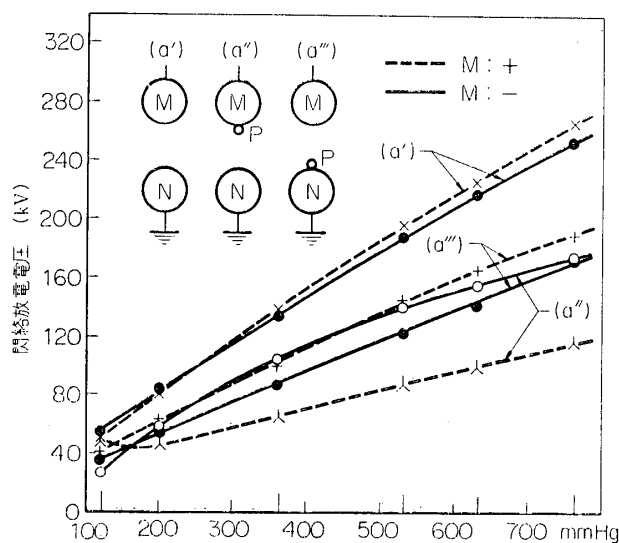
* 航空工学便覧による

(B) 閃絡放電電圧の x 特性

第1図(A) および (B) に示すごとく雷雲モデルたる M, N 両球状電極を上下に配置した場合、および M 電極の真下に大地モデルたる平板電極 N を配置した場合において、航空機モデルたる球状電極 P を水平に移動し、 x の種々の値に対する閃絡放電特性を求めた。ただし前述のごとく実験装置のつごう上、大気圧下でのみ実験した。



第6図

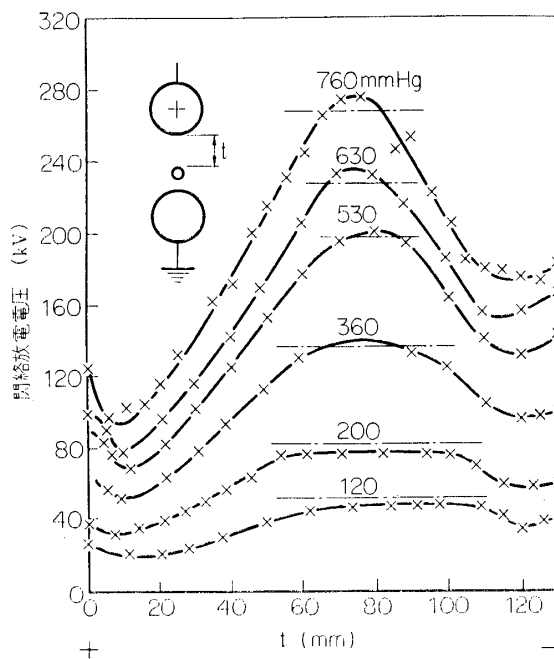


第7図

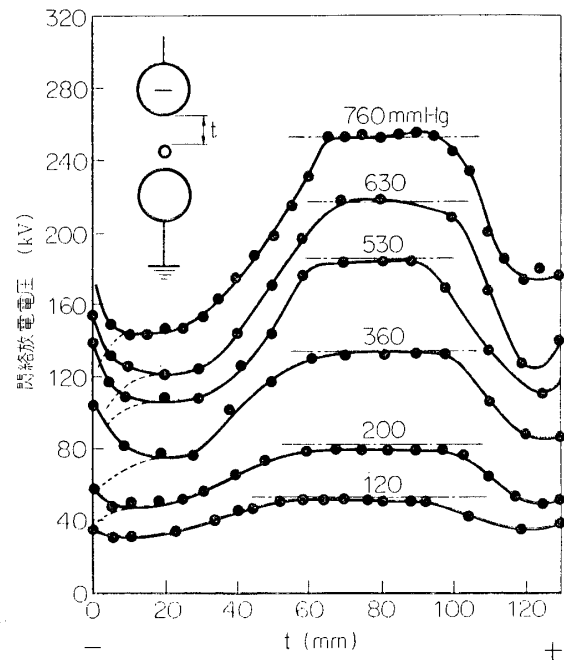
5. 閃絡放電電圧の t 特性

第7図は (a') P 電極のない場合, (a'') P 電極が M 電極に接触している場合, (a''') P 電極が N 電極に接触している場合, の三つの場合の閃絡放電電圧の気圧特性を示す. 点線は M 電極が正の場合, 実線は負の場合である. 閃絡電圧は少なくとも5回以上の測定値の平均値である. これらは以下の実験測定結果との比較上行なったもので, (a'') や (a''') が航空機が雷雲に接触した場合を意味するものではない.

図示のように閃絡電圧は極性によって値を異にし, とくに (a'') においては M が正の場合, 負の場合に比らべ著しく低い閃絡電圧を示している. また (a'), (a''), (a''') のいずれ



第 8 図



第 9 図

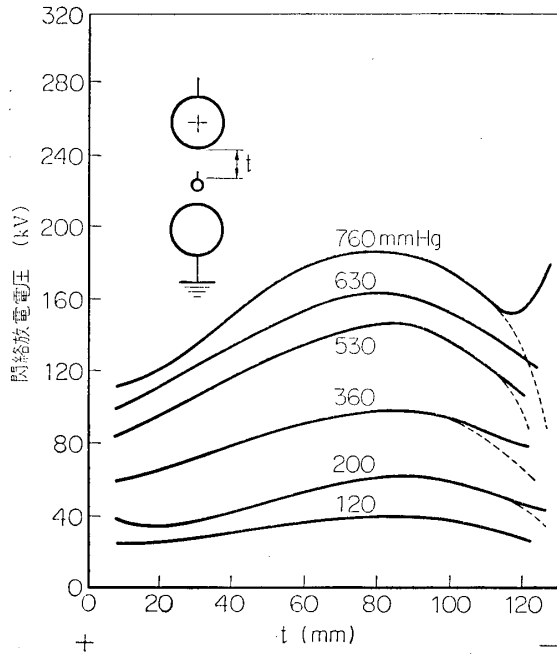
の場合も気圧が低くなると閃絡電圧もほぼそれに比例して低下し、高度 10,000 m に対応する 200 mmHg においては大地表面上における値の約 30% ないし 40% に低下する。

第 8 図および第 9 図は第 5 図(a) の場合の閃絡放電電圧の t 特性を示す。第 8 図は M 電極が正、第 9 図は負の場合で、両者に著しい差異が認められる。 P 電極が M, N 両電極間の中央付近にあるとき閃絡放電電圧が最大値を示すことは容易に予想される場所であるが、 M 電極が負のとき最大値がおさえられてほぼ一定値を示し、かつその値も M 電極が正のときよりも低い値になっている。 M 電極が正の場合の最大閃絡放電電圧が P 電極の存在しないときの閃絡放電電圧（水平鎖線で示す）より高い値を示している（気圧が 360 mmHg 以上の場合）のは意外である。なお閃絡電圧が最大値を示すような P の位置が M, N 両電極間の中央 ($t=65$ mm) より N 電極寄りになっているのは前述したように一端接地式の直流電源を用いているためであろう。また P 電極が正の M 電極に近付いた場合、閃絡に先立つコロナの発生は認められないが、負の M 電極に近付くと閃絡に先立って MP 間にコロナが認められる。第 9 図の左側の点線は MP 間のコロナ発生電圧を示す。このことは航空機が負の雷雲に近付くと機体からコロナが発生しやすいことを暗示する。また後にも述べるがコロナの出現は、閃絡放電電圧の低下を抑制する作用を有しているように思われる。

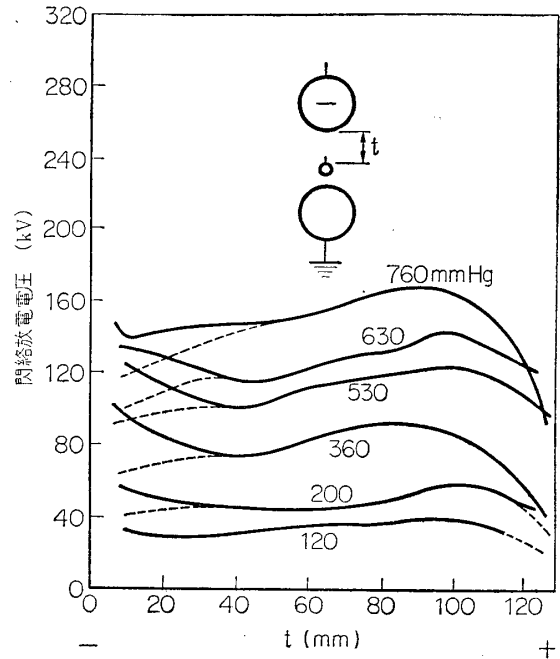
次に第 5 図の (b) の場合、すなわち P 電極に水平方向の突起がある場合であるが、この場合は上述の (a) の場合とほとんど変わらないので図示を省略する。

第 10 図および第 11 図は第 5 図 (c) に示すように P 電極に上向きの突起がある場合の閃絡放電電圧の t 特性である*。この場合 P 電極が負の M 電極（または N 電極）に近付

* 図面を簡潔にするため以後の図においては測定値を点示することを省略する。

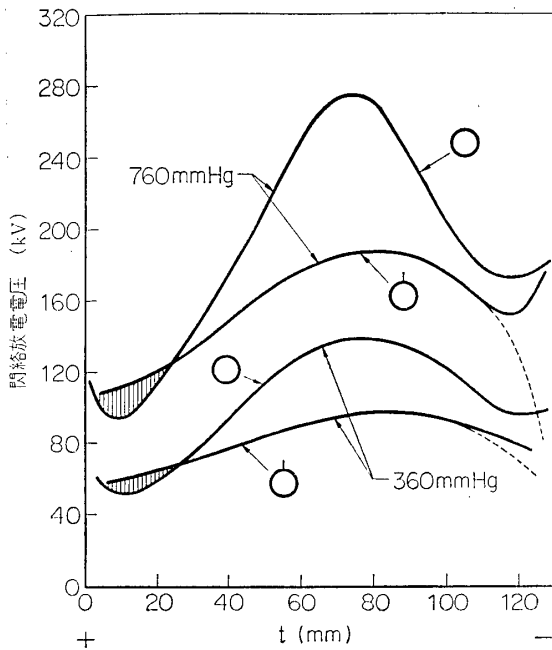


第 10 図

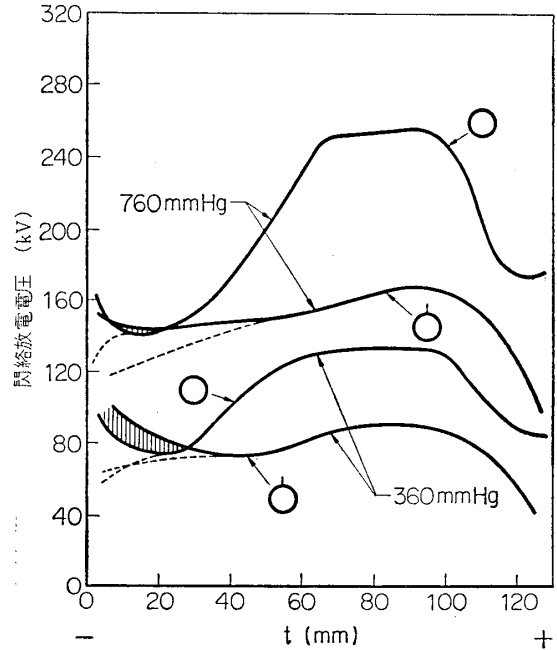


第 11 図

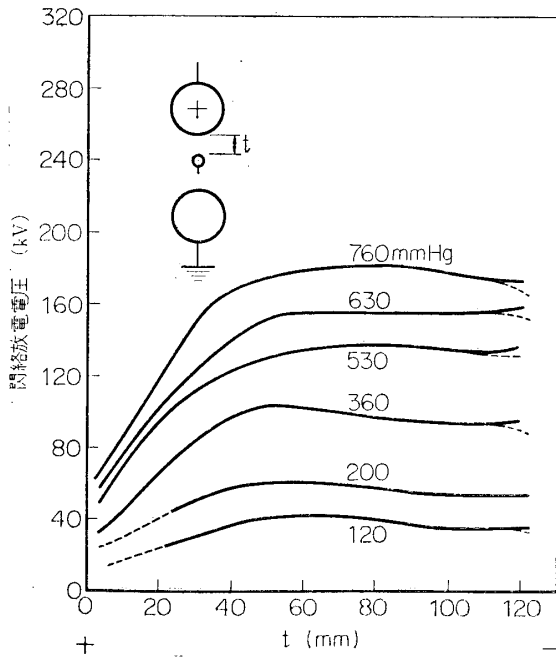
くとコロナの発生が認められる。P電極に突起のない場合（第8図および第9図）との比較を容易にするため、第12図および第13図に760mmHgと360mmHgの場合を併記して示した。図示のごとくP電極がM、N両電極間の中央附近にあるときは突起のない場合に比べて閃絡放電電圧が著しく低い、MおよびN電極に近付くとその差は少なくな



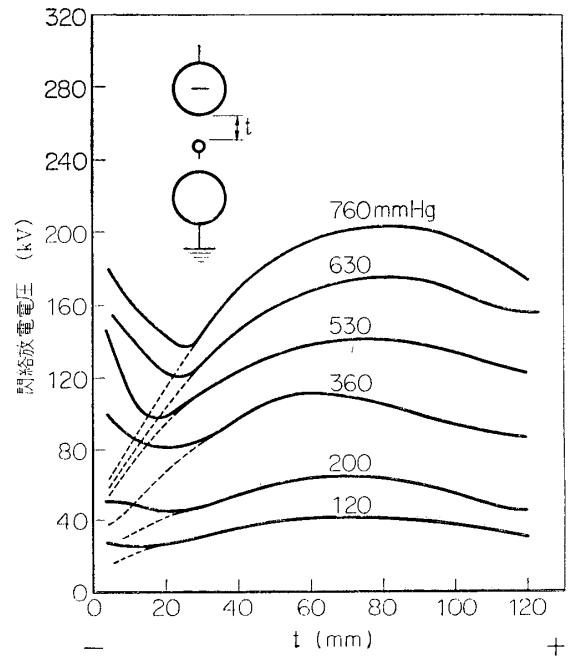
第 12 図



第 13 図



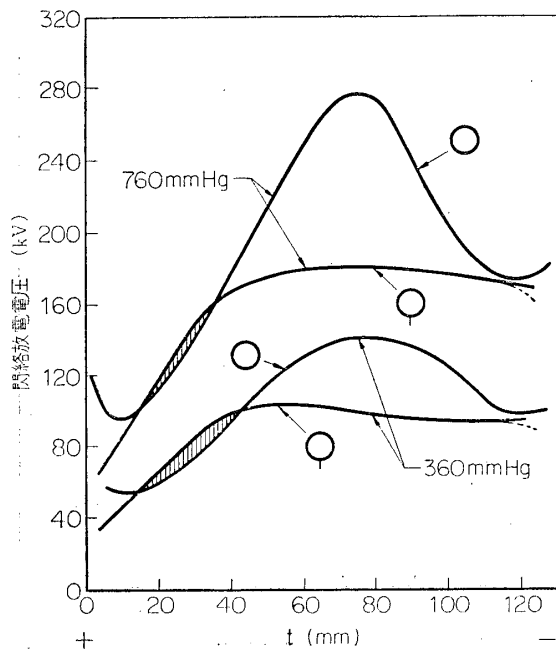
第 14 図



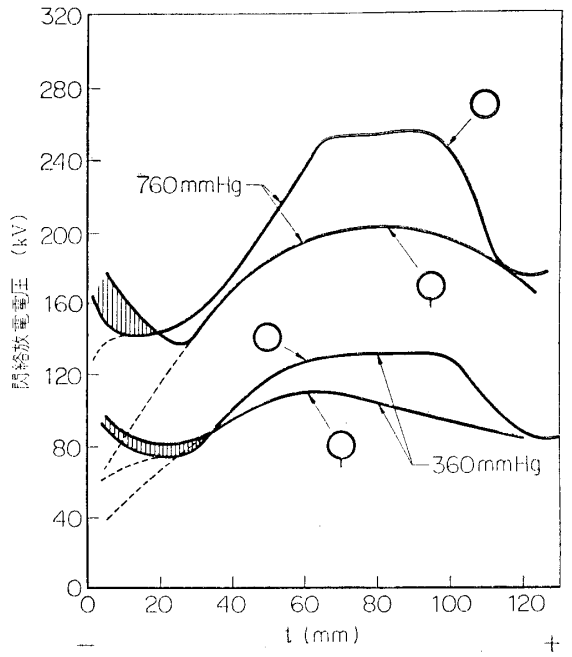
第 15 図

り; とくに M 電極に近いところでは逆に高くなっている (ハッチで示した). また M 電極が正なる場合と負なる場合とを比較すると, P 電極が M, N 両電極間の中央附近にあるときの閃絡電圧は前者の場合の方が高いが M 電極附近では逆にになっている.

第 14 図および第 15 図は第 5 図 (d) に示すように P 電極に下向き突起がある場合の



第 16 図

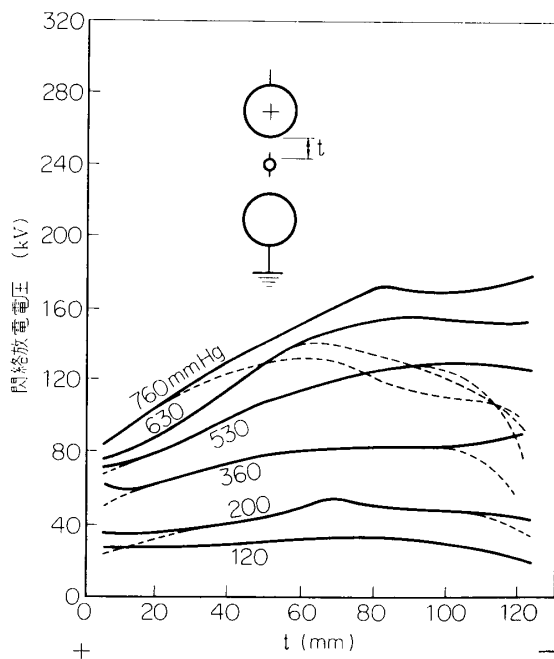


第 17 図

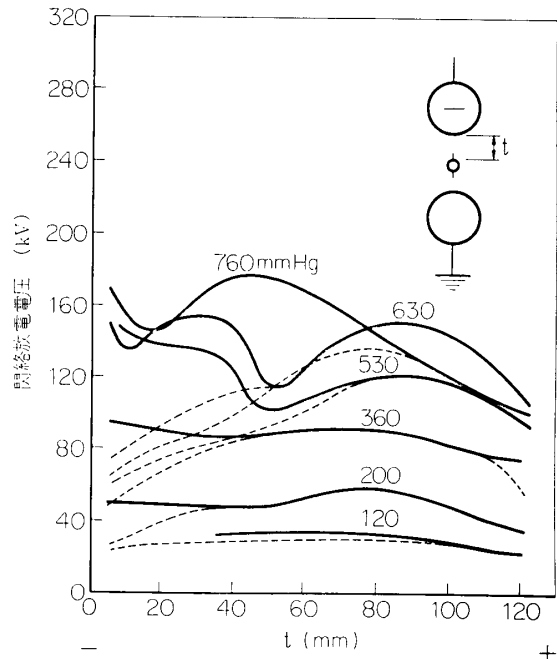
閃絡放電電圧の t 特性である。この場合も P 電極が負の M 電極（または N 電極）に近付くとコロナの発生が認められる。また突起のない場合との比較を容易にするため、第16図および第17図に二つの気圧に対する t 特性を併記して示したが、図示のごとく P 電極が M, N 両電極間の中央附近にあるとき、突起のない場合に比らべて閃絡電圧が著しく低い。が、 M および N 電極に近付くとその差が少なくなり、逆に高くなること（ハッチで示す）もある。これらの事実は前記の上向きの突起がある場合と全く同じである。また M 電極が正なる場合と負なる場合との比較においても、上向きの突起があを場合に述べたのと全く同じ結論がえられる。とくに第17図の左端、すなわち P 電極が負の M 電極に近付くとき閃絡電圧が突起のないときに比しかなり高くなるのは発生するコロナに閃絡電圧の低下を抑制する作用があることを暗示しているように思われる。

以上の第10図、第11図および第14図、第15図を比較検討して見ると、航空機にある突起の向きいかんにかかわらず、航空機が正の雷雲に近付く場合は突起からのコロナの発生は認められないが、負の雷雲に向って近付くときは突起からコロナが発生し、かつ閃絡放電電圧の低下を抑制する作用を示すことが推論される。

第18図および第19図は第5図(e)に示すように、 P 電極の上下両方に突起がある場合の閃絡放電電圧の t 特性を示す。実際の航空機の場合は機体の方々に突起があるから、この場合に近似していると考えられる。この場合も第5図(c)および(d)の場合と同様、 P 電極が負の M または N 電極に近付くとき突起からコロナが発生するが、コロナの発生する範囲がさらに拡大し、 M, N 両電極間の中央附近でもコロナの発生が認められ、それだけコロナの閃絡放電電圧低下抑制の範囲が広がっている。第5図(c), (d)の場合と異なる点は、 P 電極が正の M または N 電極に近付くときでも若干コロナが発生することである。



第18図



第19図



第 20 図 閃絡放電電圧の t -特性実験

第 20 図は閃絡放電電圧の t 特性を求める実験の一例で、 $M-P-N$ 間に起るカスケード閃絡放電を示す。

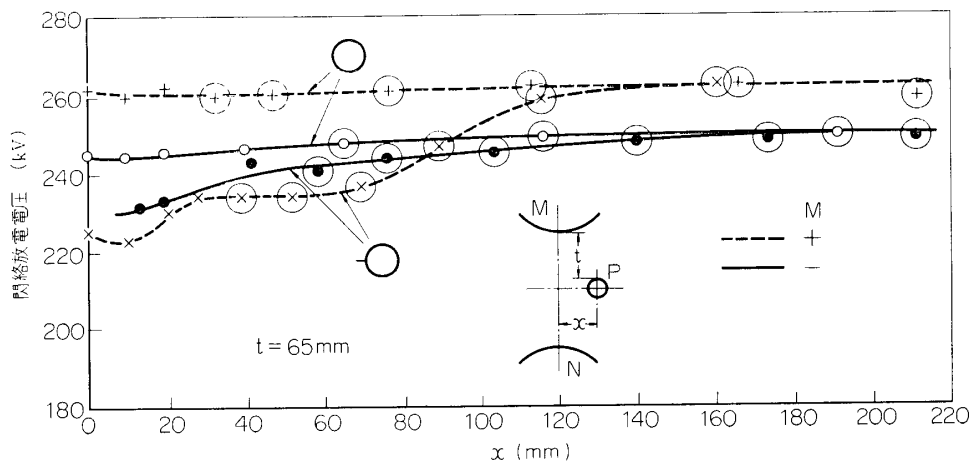
6. 閃絡放電電圧の x 特性

前述の閃絡放電電圧の t 特性は、航空機が正、負一對の雷雲の電荷の重心を結ぶ直線上にあるときの閃絡電圧を示すものであったが、航空機が正、負一對の雷雲間または一つの雷雲と大地との間に向って遠方から近付く場合の閃絡放電特性、すなわち x 特性もまた検討を要する。

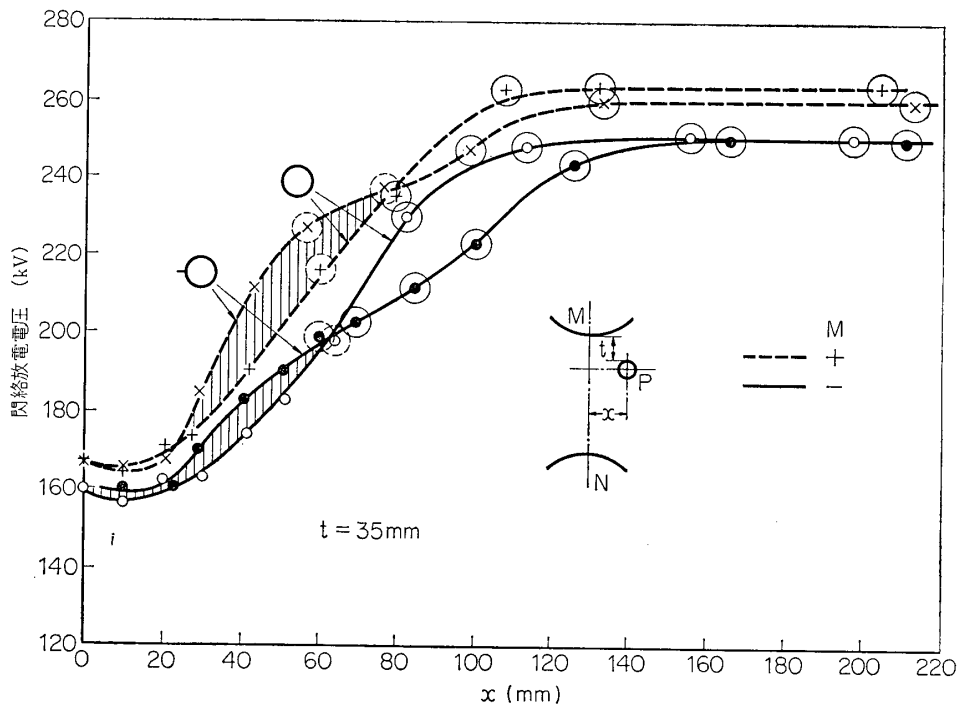
第 21 図および第 22 図は二つの雷雲間に航空機が近付く場合のモデル実験結果で、それぞれ $t=65\text{ mm}$ (P 電極が、 M, N 両電極の中心を結ぶ直線の中点に向かって近付く場合) および $t=35\text{ mm}$ の場合 (P 電極が M 電極寄りに近付く場合) の閃絡放電電圧の x 特性である。また両図とも P に突起がない場合と第 5 図(b) に示すように横向きの突起がある場合について、 M 電極が正の場合 (点線) および負の場合 (実線) の x 特性を示してある。なお t 特性のときと同様、図示の閃絡放電電圧は少なくとも 5 回以上の測定値の平均値であり、実線の小円でかこってあるものは閃絡が P 電極を經由せず M, N 間に直接起った場合を、破線の小円でかこったものは、閃絡が P 電極を經由したり直接 M, N 間に起こったりした場合を示し、小円でかこってないものは閃絡が必ず P 電極を經由し $M-P-N$ 間のカスケード閃絡になる場合を示す。

第 21 図に明らかなように P 電極が遠くから雷雲モデルたる M, N 両電極に近付いて行く場合、 P の位置を示す x の値が M, N 間の距離 (150 mm) より大きい間は、閃絡は P の存在に無関係に直接 M, N 間に起こるが、この距離以内に M, N 電極に近付くと閃絡電

圧は x の値が小さくなるにつれて増加し、 $x=0$ のとき最大となる。また M 電極が正の場合 (点線) と負の場合 (実線) とでは、閃絡電圧はほぼ等しい。なお、 P 電極が M 電極寄りに近付く場合 (第 22 図) は、 x の値が M 電極の位置を示す $x=0$ のとき最大となる。



第 21 図



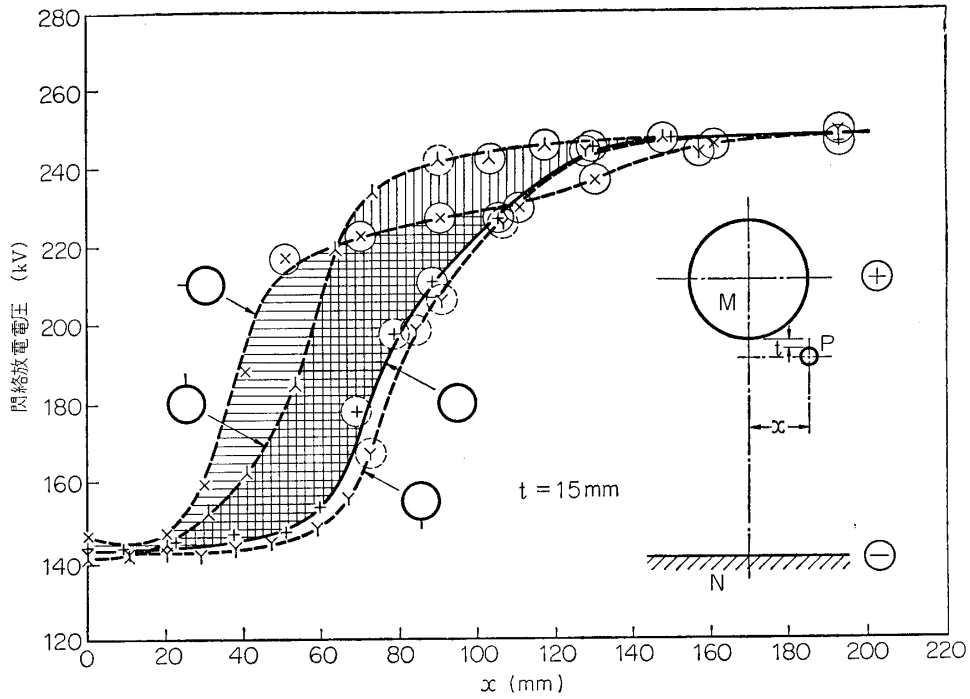
第 22 図

圧が低下し始める。このときの閃絡放電の経路は彎曲して P 電極に近付くが、なお P 電極に到達することなく M, N 両電極間で閃絡がおこる。さらに P が M, N に接近してくると閃絡はついに P 電極を経由するようになり、閃絡電圧もさらに低下する。閃絡電圧の値は、いわば航空機の雷撃に対する安全度を示すものであるから、この図は航空機が雷雲に近づくにしたがって安全度が低下して行く経過を示すものといえる。図示のごとく $t=65\text{mm}$ の場合には P に突起があると、突起のない場合に比べて安全度が低いこと、また突起のない場合は M 電極が正の場合に比し負の場合の方が安全度が低いのに対し、突起がある場合は逆に正の場合の方が安全度が低いことがわかる。

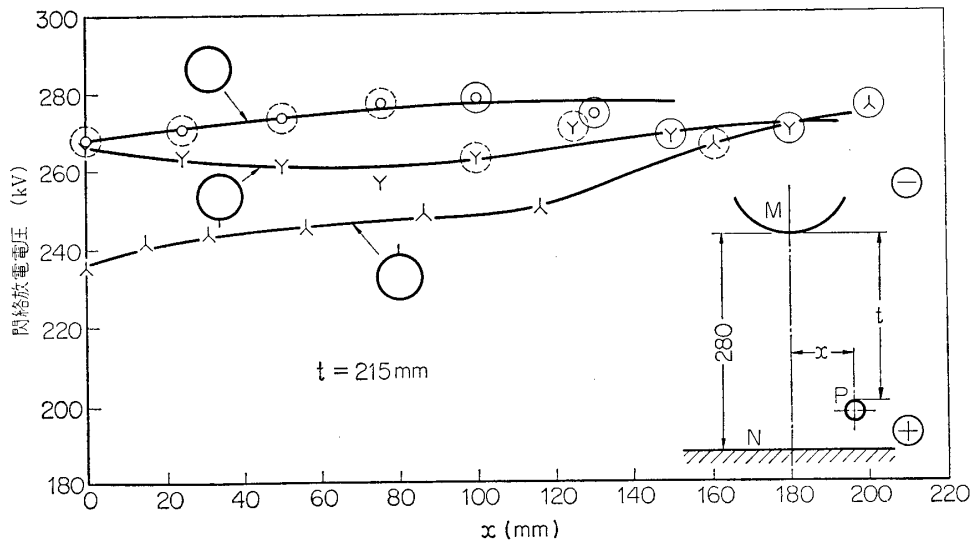
第 22 図は $t=35\text{mm}$ の場合、すなわち雷雲 M により近い点に向かう場合を示す。この場合は P に突起のあるなしにかかわらず、 M が負の場合の方が閃絡放電電圧が低い。突起があると突起のない場合よりも $M-P-N$ 間の閃絡放電電圧が高くなる範囲（ハッチで示す）が出現する。これは閃絡に先立っておこるコロナのためと考えられ、事実 M が負なるときはたしかに M, P 間にコロナが起ることを確認したが、 M が正なときは視覚に感ずるようなコロナを認め得なかった。

第 23 図および第 24 図は雷雲と大地の間に向って航空機が近づく場合のモデル実験結果で、それぞれ $t=15\text{mm}$ （雷雲に近いところを飛行する場合）および $t=215\text{mm}$ （大地に近いところを飛行する場合）の閃絡放電電圧の x 特性を示す。

第 23 図には P 電極に突起のない場合のほか、横向き、上向き、下向きの突起がある場合（いずれも M 電極が正の場合）が示してある。



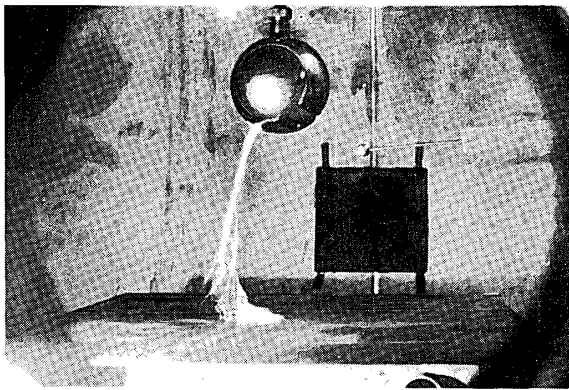
第 23 図



第 24 図

突起が下向きの場合を除き，横向きの突起のある場合も上向きの突起のある場合も，突起のない場合より高い閃絡電圧を示す範囲（ハッチで示す）があること，第 22 図の場合とよく似ている．ただ第 22 図の場合と異なり横向きの突起がある場合閃絡に先立って M, P 間にたしかにコロナが発生するのを認めた．

第24図は P 電極に突起のない場合のほか、上向き、下向きの突起のある場合の閃絡放電電圧を示してある (M が負の場合). 横向きの凸起がある場合は、突起のない場合とほとんど一致したので図には省略してある. 航空機が大地近くを飛行すれば安全度が高いことは、この図からも容易に予想される. また突起が上向きの場合は下向きの場合よりも安全度が低い. しかも突起のないときはたとえ P が M の直下 ($x=0$) にあっても、必ずしも $M-P-N$ 間のカスケード閃絡とはならず、しばしば P を経由せず直接 M, N 間に閃絡をおこすことが観察される. 突起があると、とくに上向きの突起があると、 P が M の直下より相当離れていても $M-P-N$ 間のカスケード閃絡となることが図示されている.



第25図 閃絡放電電圧の x -特性実験

第25図 は閃絡放電電圧の x 特性を求める実験の一例である.

7. 結 言

以上雷雲間または雷雲と大地間を飛行する航空機に対する雷撃現象を明らかにする目的をもって行なったモデル実験の結果を報告した.

本文にもしるしたとおり、使用したモデルが果して実際の雷雲、大地、航空機を代表しうるか、また空気密度

の異なる二点間におこるスケールの著しく大きな雷放電現象を、実験室での小規模な実験結果から推測することの適否など多くの検討すべき問題点を残しているが、ある程度目的の一部を達し得たと思う. 今後は不完全な実験操作の改良、実験結果と実際に観測される雷放電現象との比較、さらに進んで航空機への雷撃による災害の軽減方法の開発に向かって歩を進めるべきであろう. 筆者は今春定年退官したので、ひきつづきこれら実験的研究を遂行してゆくことは困難であるが、筆者に替ってこの研究を継続する有志の現われることを切望するものである.

終りに本研究に関する実験の一部を遂行した鈴木和男君 (日本コンデンサー K. K. 勤務) の労に対し謝意を表わしたい.

1970年7月24日