

## 雷の電気

畠山久尚\*

### 1. 雷雲の電場

このごろ名古屋大学や北海道大学の研究者たちが、冬の北陸の雷雲の共同研究をやっているのだから、その結果が雑誌に出たり、新聞やテレビのニュースで報ぜられたりしている。それを見ると、北陸の冬の落雷は80%までが正電荷だというのである。これは、われわれが雷雲の中の正負電荷分布として常識的に考えているものから推論した結果と全く違う。

今日行なわれている教科書や啓蒙書では、どれを見ても、雷雲内の電荷分布は上に正電荷、下に負電荷があり、その負電荷の中にポケット状に正電荷があると書いてある。雷雲内の電荷分布に関して、こういう事実が広く認められるようになるまでには、研究者間のはげしい論争があった。

雷雲内の電荷の分布を調べるには、原理的に言って二つの方法がある。一つは雷雲内の電荷によって起こる電場の分布を調べる方法である。もし正負二つの電荷が第1図のように一つの垂直線上に並んでいたとすると、上にある正電荷のための電場は、横軸の上方にある破線のようになる。電場の符号は、大気電気慣用に從って、この場合に正にとってある。下にある負電荷のための電場は、同軸の下方にある破線で示されている。この方は電荷では負の大きな値であるが、距離が遠くなるに従って急にゼロに近づく。この2本の破線の差引きが正負電荷による電場で、それは第1図では実線で示してある。

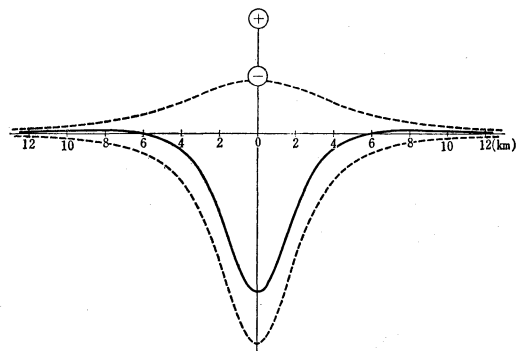
正負電荷の直下の点では電場は負であるが、遠い所では正に反転し、その絶対値は大きくはならず、無限遠に向かってゼロに近づいて行く。この電荷から遠い所で符号は反転するが、その絶対値は小さいという点は注意を要する。多くの場合定性的に事柄を表現しようとして、これを大きく描くことが多い。第2図(後出のシンプソン原図)でも、下に添えてある地上電位傾度は正も負も

同程度の大きさに描いてある。

雷雲内の電荷の分布を調べるもう一つの方法は、放電の時に起こる電場の急変化を観測するものである。測定器の時定数をどのようにとるかによって、一つの放電全体としての電荷の変動をみることもできるし、また、一つの放電を形成する個々の雷撃についての電荷の変動をみることもできる。雲内放電で第1図のような分布の正負電荷が中和して消えた時の電場の変動は、第1図とは符号が反対になる。

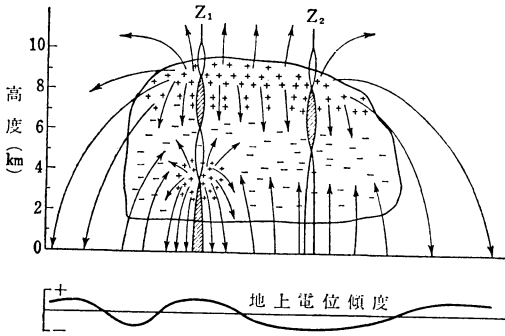
雷雲内の電荷の分布については、イギリスの C.T.R. Wilson (ウィルソン) と、G.C. Simpson (シンプソン) の有名な論争があった。その最高潮は1920年代の中ごろである。シンプソンは雷雲が頭上を通過して行く時の電場変化の形を観測して、雷雲の中では上に負、下に正の電荷が集まっているものと結論した。ちょうど同じ頃、ウィルソンは放電の時の電場急変化の観測結果をもとにして、雷雲の中には上に正電荷、下に負電荷があると云った。

同じ現象でも、それを観測する方法の違いと、観測結果の解釈の仕方では、「上負下正」対「上正下負」というように全然正反対の結果になるところは非常に象徴的



第1図 地上 6 km に正電荷、3 km に負電荷がある時の地表面の電場分布。

\* H. Hatakeyama, 二松学舎大学。



第2図 シンプソンの雷雲内の電荷分布のモデル。

で、これは今日の学界にも大いに教訓を与えるものである。

シンプソンはこれまでの雷雲の電気についての議論が、すべて地上観測の結果に基礎をおいていることを不満とし、探測気球の方法を採用して、ロンドン郊外のキュー観測所で、1934年から1939年まで観測を行なった。

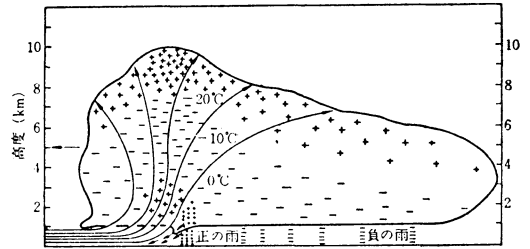
シンプソンの考案した観測装置はアルチ・エレクトログラフというもので、大気電場の強さ、気圧、湿度を時計仕掛けで自記する簡単な軽いものであった。

シンプソンはこの方法で得た6年間の七十数個の雷雲の実測結果を使って、雷雲内の電荷分布のモデル図を作った。それを第2図に示す。図中  $Z_1$  および  $Z_2$  にある豆のさやの形の連続したものは、雷雲の中の電場の方向とその強さを示すもので、斜線のはいった部分は正の電位傾度、白いままの部分は負の電位傾度を示す。観測総数のうち、 $2/3$  は  $Z_2$  のような結果を示し、 $1/3$  は  $Z_1$  の結果を示した。

また、シンプソンは雷雲内外の上昇気流の分布、電荷の分布まで付け加えた雷雲のモデル図を、その論文の結論として提出している。第2図と重複する点もあるが、それを第3図に出しておいた。

この時まで雷雲の中における電荷の分布については、前にも記した通り、シンプソンのモデル「上負下正」と、ウィルソンのモデル「上正下負」とが対立していたのだが、シンプソンのモデルが第3図のように修正されたとなると、それはウィルソンのモデルともほぼ一致するものであり、雷雲の下部にあるポケット状の正電荷が欠けているという点は、ウィルソンのモデルの不充分な点と見てもよい。

このシンプソンのモデルが出て、両者の間の十数年に及んだ論争には終止符が打たれることになった。雷雲の



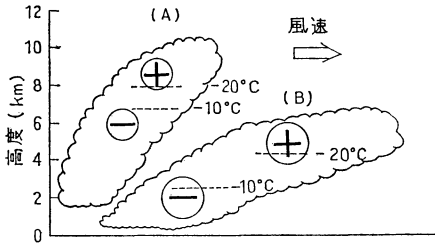
第3図 シンプソンの雷雲モデル。

中の電荷の分布については、現在でも修正されたシンプソンのモデルが一般に通用するものと考えられ、これを基礎としてその先のことを考えるようになっていく。たとえば、その後の地上多点観測や、飛行機による観測結果が数多く得られるようになって、下にあるはずの負電荷が、かなり高い所まで正電荷をおしつけて分布していたり、高い負電荷と低い正電荷との間の放電が注意されたりするようになったが、そういう場合にもシンプソンの修正モデルを基礎にして、それに修正を加えるような考え方をしている。

第3図を見て筆者が不満に思うのは、雷雲の形が雄大積雲の形に描いてあることである。これはやはりかなとこ雲の形に描くべきだろう。筆者は1940年から1944年へかけての関東地方北西部での雷雲特別観測の際、ある観測点の頭上になとこ雲の先端が差ししかかった時に、電位傾度がどんどん負の大きな値になるのを目撃して、はなはだ奇異な感に打たれた経験がある。注意して見るとかなとこの先端からは、かなり濃いヴィルガ（尾引き）が下がっていたから、その影響だと思って納得したのであった。

さて、ここでこの節の冒頭に記した北陸冬雷の問題に戻らねばならぬ。それは、北陸の冬の落雷は正電荷が80%までを占めているというのであった。これに対する名古屋大学空電研究所の竹内利雄らの考え方は次のようである。

北陸の冬は上層風の風速が非常に大きい。そのため第4図に示すように、北陸の冬の雷雲は水平方向に非常に傾斜したものになっている。それで正電荷が落雷しやすくなっていると考えるのである。しかし負電荷の方がいっそう地面に近いのに、どうして正電荷の方が落雷しやすいかには疑問が残る。この疑問に対して竹内らは、(1) 電光放電の機構から考えて、正極性ストリーマの方が負極性ストリーマよりも進行しやすいか、(2) 雷雲内の電荷分布が正電荷の領域から放電を開始しやすいよう



第4図 夏(A)と冬(B)の雷雲(竹内).

になっているかの、何れかだとしている。

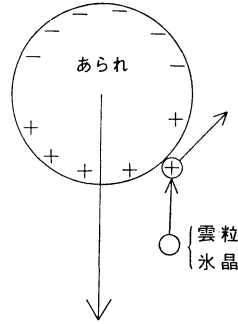
## 2. 雷雲内の電気分離の機構

次の問題は、雷雲内でどんな機構で、上記のような電荷の分布ができるかということである。初め電気的には何もなかった雲の中に、正負の電荷が分かれ、正電荷の担い手がイオンあるいはごく小さい微粒子、負電荷の担い手が大きい粒子だとすると、雷雲の中の上昇気流のため微小粒子やイオンは高い所へ上がるが、大粒の降水で終局落下速度が上昇気流より大きいものは下の方へ降りて来る。それで雷雲の中では小粒のものが高い所に、大粒のものが低い所にあるという配置になっている。だから小粒のものが正電荷を、大粒のものが負電荷を持つという、電気分離の機構が見つければよいわけである。

雷雲内での電気分離については、今世紀の初頭から、実に数多くの仮説が提出された。ある学者は、研究者の数だけ電気分離の学説があるようだと言っているが、全くその通りだと言ってもよいくらいである。

現在のイギリスの気象局長 B.J. Mason (メイソン) は、雲物理学者として数々の業績を挙げた人であるが、1971年11月のロンドン王立協会のペーカー記念講演で「雷雲の物理」に関する総合報告をし、その中で雷雲中の電気分離の問題に一石を投じた。その要点を記すと次のようである。

あられは正の晴天電場の中で分極しており、雲粒や氷晶がその下面ではねかえる時に、そこに誘導されている正電荷の一部を持ち去るから、あられにはそれと同量の負電荷が残る(第5図)。負に帯電したあられと、それよりはずっと小さい正に帯電した粒子(雲粒、氷晶)とでは、重力による分離が起こって、正の電場はいっそう強められる。この過程は、帯電した降水粒子に対する電気力が、それ以上の垂直分離を妨げるまで続けられる。大規模電場は、主に降水強度によってきまる時間10分間程度で、約5,000 V/cmの最大値に達する。空気の絶縁破壊を起こして電光放電を発生させるには、もっと強い局



第5図 メイソンの電気分離機構。

所的な電場が必要のようである。このような電場は、たいていの雷雲の基底部のように、二つの反対符号の電荷領域が近接している所に起こっているのであろう。

## 3. 人体への雷撃と安全対策

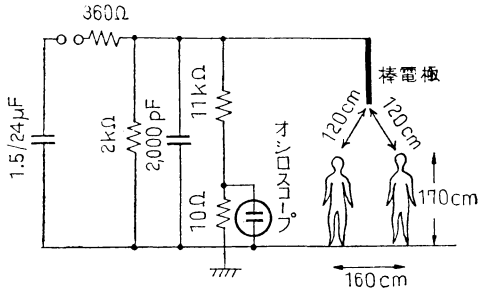
毎年夏になると新聞紙上には落雷の被害が報ぜられるのであるが、本年は5月下旬に、国内各地で雷雨が起り被害があった。「気象」7月号によると、5月26、27日には上空に強い寒気が流入し、26日には、朝秋田の水田で、14時20分神戸の野球場で315時30分岡山の水田で、16時50分郡山のグラウンドで、宵には堺の畑で落雷による犠牲計5名。翌27日は主に東日本で、11時20分福島県下の小学校庭で、昼ごろ燧岳で、13時40分宮城のゴルフ場で雷の犠牲各1名、16時30分東京湾上で日航ジャンボ機に落雷して、翼に大穴があいたとある。両日の落雷による死者計8名であった。

この例でもわかるように、水田または畑で農作業中とか、作業を切り上げて帰宅途中とかのほか、ゴルフ場、野球場、校庭、登山中等というのが含まれているが、これは近年の傾向を示している。

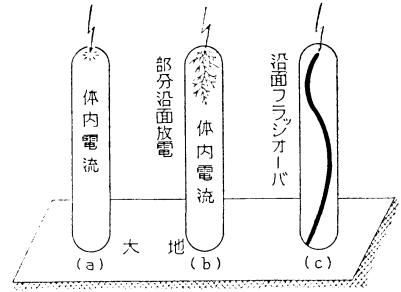
この、落雷による死者数が年間どのくらいに昇るものかという、警察庁による全国調査で、多い年に58名、少ない年で18名、16年間の平均で33.7名となっている。負傷者の数はこれの約1.1倍となっている。

わが国では、人体への雷撃の特性を明らかにすると同時に、雷撃が人体に及ぼす効果の医学的研究を結び付けて進めるために、医学、電気工学、電気物理学の研究者たちの研究グループが組織され、この方面の研究が進められている。この研究グループに元気象研究所に在職し、現在埼玉大学工学部の北川信一郎が入っている。

この研究グループでは、まず人形を用いた模擬雷撃実験で人体への雷撃の特性を明らかにし、ウサギその他の動物を使った放電実験によってその死傷効果を調べた。



第6図 人形への模擬雷撃実験(北川).



第7図 人体への雷撃の三つの様相(北川).

さらにこうして得られた結論と対比しながら、これまでの人体への落雷事故調査報告を検討し、同時に現在起こりつつある人体雷撃事故を直接調査し、問題の主要点をほぼ明らかにすることができたとし、今日までに判明した結果を基礎にして、安全対策について提案を行なっている。

人体は頭から両足にいたる身長方向の全抵抗が  $300 \sim 500 \Omega$  の導電性の内部組織を、 $1 \text{ cm}^2$  あたり  $10 \sim 100 \text{ k}\Omega$  の絶縁性の皮膚膜がおおっている。これを模擬する物体として、等身大のマネキン人形に導電塗料を塗布して、頭から両足にいたる抵抗を  $300 \Omega$  とし、その表面を皮膚に相当する抵抗性皮膚膜でおおった。この人形を第6図のように棒-平板電極間に配置して、棒電極に雷撃をモデル化した負の衝撃電圧を加えて、電極間に放電を発生させた。棒電極に対称に人形を2体並べているのは、片方の人形の頭部に金属片等の物体をつけて、その効果を調べるためである。人形で解明できない殺傷効果その他の医学的・生物学的問題を調べるためには、人形の代わりに、シロネズミ、ウサギ等に衝撃電圧を加える放電実験を行なった。

実験の結果、人体への雷撃について次のような点が明らかになった。

(1) 人体への雷撃には、第7図に示すような三つの様相がある。雷撃電流が割合小さい時は、aのように全電流が伝導電流となって体内を流れる。雷撃電流が増加し、雷撃点やその他の部位で電位傾度が大きくなって来ると、bのように部分沿面放電が発生し、これは皮膚に電紋を生ずる。雷撃電流がさらに増大すると、cのように沿面放電が雷撃点と大地を結び、沿面フラッシュオーバーを生ずる。cでは、雷撃電流の大部分は沿面放電電流となって体表に沿った空気中を流れ、体内を流れる電流は全電流の  $1/100$  以下になる。

(2) 沿面放電、沿面フラッシュオーバーは、電紋、火傷を

起こすが、これは皮膚と皮下薄層の熱傷で治癒可能である。

(3) 体内電流による消費エネルギー  $\int I^2 R dt$  が一定値を超えると死亡を起こす。特に、脳、心臓におけるこの値の大小が生死に対し決定的である。

(4) 上から延びて来る放電に対し、頭部の金属片は誘引効果がある(ヘアピン効果)。体側の金属片には誘引効果はない。また、身長方向に沿った線状の金属は沿面放電を助長し、体内電流を減少する効果がある(ジッパー効果)。頭から上につき出た金属、物体等はさらに著しい誘引効果を持つ。

(5) ゴム長靴、雨合羽等の絶縁物は、沿面放電、貫通破壊を起こし、雷撃を阻止する効果はない。

以上のような諸点を考え合わせて、雷に対する安全対策として、次のような提案をしている。

雷雨の起っている時には雷撃を受ける可能性のない空間で行動することが第一の安全対策である。

この安全な空間は、鉄骨または鉄筋コンクリート建築内、金属製車輦内、避雷針の先端を迎角  $45^\circ$  以上に見る範囲、木造家屋内では、電燈線、電話線、アンテナ線、アース線と、これらに接続するすべての電気器具から  $1 \text{ m}$  以上離れた範囲である。

この対策がとれず、屋外で雷雨に遭遇した時は、緊急の対策として以下の注意を守るべきである。

(1) 雷撃の危険を感じた時は、まず姿勢を低くする。両足の間隔をつめてしゃがみ、腕時計、指輪等両手につけた金属を外し、金属の記章や記念バッジのついている帽子(鳩目の金具に落ちた例もある)は脱ぎ、肩から首のあたりまでの金属はすべて取り去る。両手で耳と頭をおおう。

(2) 雷放電は  $5 \sim 10$  秒おきに起こるから、その合間を見て安全な場所に移る。金属をすべて取り去っても、人体自身が落雷を誘引するから、姿勢を低くすることには

常に気をつける。

(3) 大勢一緒にいる場合は、すぐに散らばる。

(4) 釣竿、洋傘、杖、ゴルフクラブ、ピックル等金属に限らずどんなものでも、頭よりも高くかざすことを避ける。傘なしでズブ濡れになることは、健康上の問題はあるが、雷撃死の危険性を増すことではない。

(5) ゴム長靴、雨合羽を身につけていても(1)~(4)を守る。

(6) 山の頂上、尾根、岩場、水辺は特に危険であるから早目に遠ざかる。

(7) 高さ 10 m 以上の木があれば根本から、5 m、どの枝からも 2 m 以上はなれて(1)の姿勢をとる。

(8) テントの中も危険性が高いので、(1)~(7)に従って安全な場所に移る。

#### 4. ロケット誘雷

ロケット誘雷のことも近年テレビやラジオ、そして新聞のニュースの種になった。雷雲の下で小さいロケットに針金を結んで打ち上げ、雷雲の雲底に近い電荷を、この針金を通して大地に放電(落雷)させようというものである。

落雷を人工的に制御しようという考えは昔からあった。フランクリンのたこの話は有名であるが、たこの代わりに気球を使う実験も試みられたことはある。

アメリカでは、1966年に M.M. Newman (ニューマン) 一派の人たちが、海上の研究船から雷雲に向かって小型ロケットを打ち上げ、このロケットに細いピアノ線をつけて引き上げさせたところ、このピアノ線に向かって落雷することが確かめられた。平らな海面に 100 m 以上の細長い針金突き立つのだから、そこに落ちやすくなるわけである。

フランスでも数年前から、南部の高原で、500 m ほどの高さにロケットを打ち上げて、ピアノ線を地上の糸巻きから引き出し、これに誘雷する実験を行なっている。西ドイツでもミュンヘン郊外で同様な実験を初めたということである。

日本でも1977年の夏から、名古屋大学工学部の堀井憲爾を中心にして、愛知県犬山市の博物館明治村のお隣りの入鹿池付近や、石川県の河北潟干拓池を実験場として実験を行ない、1978~1979年の冬などは極めて満足すべき実験結果を得ているということである。

第1、2節では、雷雲の電場と、雷雲内で電荷が分離する機構を簡単に説明し、その分離した正負電荷が放電するのが、雲内放電だとか落雷だとかと簡単に記した

が、ここにも複雑な過程がある。落雷には前兆現象のようなものがあり、これを前駆放電と呼んでいる。雷雲から地面に向かって、木の根のように枝分かれした無数の前駆放電路が、100分の数秒ぐらいの短時間のうちに地上に降りかかって来る。この中で地面に最も早く接近した1本の枝が地面に到達すると、逆に地面から雲に向かって、数千ないし数万アンペアという大電流が流れる。前駆放電の枝の先が地面に近づくとき、地上の金属体や樹木などの突起物から、お迎えの放電路がのび出し、こゝへ落雷を誘い込むのである。

さて、ロケットで 100 m とか 500 m の高さにピアノ線を引き上げると、このピアノ線の前から雷雲に向かって、逆に前駆放電がのび出し、雲の中の雷を無理やり誘い出すことが、放電の写真を調べた結果わかって来たのである。高いビルや煙突の先からも、よくこのような現象が見られる。それは、ニューヨークにあるエンパイアステートビルへの落雷で K.B. McEachron (マックイークロン) らが見出した現象である。ロケット誘雷の場合ピアノ線は直径 0.2 mm ほどの太さで、雷電流のために一瞬のうちに蒸発してしまうという。

使用したロケットは、フランスでひょう害防止に使っているものを輸入した。ロケットの全長 85 cm、重さ 2.4 kg、すべてプラスチックと紙でできており、黒色火薬の推進力で最高 200 m まで上昇する。ここで沃化銀を混ぜた弾頭の火薬が爆発して沃化銀が飛び散り、上昇気流に乗って雲の中に広く散布される仕掛けになっている。

今はひょう害防止ではなく誘雷実験なのだから、弾頭からは沃化銀を除き、火薬を調節して 500 m の高度で弾頭を爆発させるようにしてある。爆発によってロケットは安全な小破片となって落下する。

さて、ロケットによる誘雷実験の目的は、第一に落雷の機構の研究である。避雷針や送電線の架空地線の保護範囲にしても、高電圧実験室内での実験結果から拡大解釈して定められているもので、自然の落雷によって確かめられているものではない。さらに空想をたくましくすれば、数キロの長さの針金を引っ張ったロケットを雷雲の中の高い所まで打ち上げれば、雲内で分離した正負電荷を放電させて、落雷を未然に防止できるかも知れない。

埼玉大学工学部の北川信一郎は、このロケット誘雷実験にも参加し、例の2体のマネキン人形による模擬人体への落雷実験を行なった。ロケットが引っ張り上げるピアノ線の糸巻きは地上 10 m に固定してある。糸巻きの下の

対称的な位置の地上に2体のマネキン人形が置いてある。落雷は頭にヘアピンをつけた人形の方に起こり、体表に沿ってフラッシュオーバを起こしているのを写真に撮ることができた。そのほか、地面に沿って落雷点からの距離に対して歩幅電圧がどのように分布するかの実測もできたと言う。

### 5. 落雷予報法

今年の3月9日の東京新聞に名古屋発の通信で次のような記事のあるのが眼についた。

#### 雷もう怖くない、手軽な警報装置を開発

地震、雷、火事、おやし…昔から恐れられて来た雷の接近と、その危険度を正確に感知する手軽な警報装置が、このほど名古屋大工学部、名古屋工大、中部工大の共同研究で開発された。ヒントは「セントエルモの火」で知られるコロナ放電現象。従来、雷検知器として使われて来た百万円以上もする電界計より比較にならないほど単純化され、試作費はなんと3万円。製品化すればトランジスタラジオくらいに小型化出来るうえ、乾電池で働くから、落雷の危険が大きい高山への登山や、ゴルフ場での落雷予知、さらには航空機への落雷防止など幅広い応用が期待されている。

コロナ放電の電流の強さと電位傾度との間には一義的な関係があるから、これはコロナ放電電流の強さを媒介にして、雷雲下の電場の強さ(第1節参照)を知ろうという仕掛けである。

雷雲の襲来を予知する第1段階の方法は、やはり総観法である。上層への寒気の流入などから、強い雷雨が数多く発生することなどが予想され、それによって雷雨注意報や警報が気象官署から発表される。しかしこれは、一県全体とか、あるいはその1/2、1/3というような割合広い地域を対象としているので、特定の地点にある電気施設の上を雷雲が通るかどうかは、わからない。

その目的のためには雷雨予報のサービスがある。それは夏の期間だけのものであるが、積乱雲の発達状況、電光・雷鳴の観測等を、この目的のための臨時的細かい観測点で行ない、これを地域の中心に集めて、雷雨の発生・発達・進行などの警戒をしている。これは最初電力関係者を対象として、昭和4年の夏から始まったものであるが、もちろん一般向けにも利用されている。この仕事が毎年5月20日から始まっているのは、統計的に見て5月下旬に強い雷雨の起こることが時々あったから

である。これは、本年5月26、27日の落雷のための死者発生と対照させて見てもわかることである。

この際、気象レーダももちろん利用される。レーダは、雷雨による雨域の範囲とその移動とがわかるのであるが、また電光放電路の強い電離によって、それからのエコーも入る。今日では気象衛星の画像ももちろん利用されている。

総観的な立場に立つものは上記のようなものであるが、個人も含めて特定の事業所とか航空機は、自分で測器を備えて、雷雲の接近、落雷の危険性を判断して警戒すべきものであろう。この際利用できる要素は、電場(電界)の符号と強さ、そして電光放電で発生する空電(電場の急変化も同じ性質のもの)である。本節の冒頭に記した新聞記事の落雷警報装置は、まさにこの中の前者に当たる。

コロナ放電の電流の強さは、電位傾度の弱い時にはゼロであるが、ある強さの所から始めて急に大きくなる。この意味で雷の警戒用にコロナ放電電流を使うのは巧妙な考え方と言っていいだろう。

電場測定用によく使われる方法はフィールド・ミル(回転集電器)と電位計で、これは、地上用だけでなくラジオゾンデ用や大気球用や航空機用にも応用されている。

第1節でも第1図を使って説明しておいたように、電場が強くなるのは、雷雲の直下の地点で、少し離れるとすぐ電場は弱くなるので、この点は重々注意を要する。

放電に伴う電場急変化を含めて、電波として伝搬する空電を利用する方は、アンテナを大きくするとか、受信機の増幅度を高めるとかすれば、低緯度の熱帯にある雷雲から出る空電までも割合簡単に受信できる。やはり、波長の短いものは早く減衰し、波長の長いものが遠方まであまり減衰しないで伝搬する。

最も簡単には、中波の携帯用ラジオ受信器に入る雑音が落雷警戒の目安になる。普通の感度のラジオ受信器だと、昼間はおよそ100km程度までの雷放電を雑音として聞くことができる。放電点から20ないし30kmの近距離だと、VHF帯のテレビ波でも雑音として認められる強さがある。

雷雲がおおよそ20~30kmに近づくとき、ラジオの雑音の頻度は上がり、最盛期には数秒おきに聞かれるようになる。また強度も大きく、雑音の合間に放送が聞きとれるような状態になる。こういう雑音は発雷を予報するものではなくて、現在近くで雷放電が起こっており、それ

がいつ頭上に襲来するかも知れない可能性を示すものだというのを忘れてはならぬ。通常の雷活動では、発達して盛んに落雷を伴うようになる前の、数分から数十分の間、雷雲の内部で比較的小規模の、いわゆる前放電が頻繁に起こり、電波雑音を発生するのである。

雷放電に伴う空電をとらえる一つの型式の測器にフラッシュ・カウンタ（雷放電カウンタ）がある。これは、国内的には東京大学生産技術研究所、名古屋大学空電研究所などで開発したもので、電力会社の関係で雷の警戒に大いに利用されている。

フラッシュ・カウンタのもう一つの重要な用途は、落雷の数の年平均値の地域ごとの分布を知ることにある。これは、電気施設の耐雷設計をどの程度にするかの基礎を与えるものである。落雷と雲内放電とから出て来る空電電波には波形の特徴があるから、最近では回路の設計を工夫して、それらの数を別々に自記させたり、全体の数と落雷の数の割合を書かせたりすることが行なわれてい

る。それによると落雷の数は全体の放電の数の1/3とか1/4とかいう割合だという。

### 文 献

- ベルガー編, 1976: 避雷心得, 大気電気研究, 特別号.  
 畠山久尚, 1974: 雷の科学, 河出書房新社, 増補版.  
 堀井憲爾, 1978: 誘雷実験と雷害, 気象, 7月号, 10~12.  
 孫野長治, 1969: 雲と雷の科学, 日本放送出版協会.  
 メイソン, B.J., 1973: 雷雲の物理, 測候時報, 39, 463~472, 畠山紹介.  
 Pierce, E.T., 1975: 大気電気-2, 3の話題, 測候時報, 42, 383~389, 畠山紹介.  
 電気学会雑誌, 1978, 12月号, 小特集「雷研究と雷害事故防止の最近の動向」  
 この中に本文に引用した, 竹内利雄, 堀井憲爾, 北川信一郎らの報文がある.  
 大気電気研究, 1979, 21.

(p. 564 の続き)

### 台風業務実験準備会議出席者名

中国（中央気象局） Zhang Xun Liang  
 Song Goang Yao

香港（王立気象台） P. Pak Sham

マレーシア（気象局） Cheang Boon Khean

大韓民国（中央気象局） Hak Joong Seang

フィリピン（大気・地球物理・天文サービス管理局）

Catalino P. Arafles

タイ（気象局） Sumeth Hinsheranan

日本（気象庁） 増沢譲太郎, 関口理郎, 新田 尚

（建設省） 土屋昭彦, 中尾忠彦, 藤田恵偉

（科学技術庁） 北村利次, 木下武雄, 植村茂次,

八木鶴平, 猪又敏郎

（外務省） 沢田なつみ

ESCAP E.F. Schulz

WMO P. Rogers, A.J. Askew

TCS S.N. Sen, C.H. Tang

1979年9月

71