

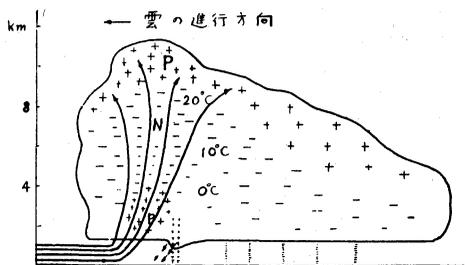
雷 研 究 の 展 望

北 川 信 一 郎

§ 1. 第二次大戦時までの研究

第一次大戦後、雷の電気に関する研究はイギリスの気象台長 G. C. シンプソンと、同じくイギリス人でウイルソンの露函の発明で有名な C. T. R. ウイルソンの研究が最も有名である。シンプソンは電光の枝分れの方向や、雷雨の雨滴の電荷の符号等から、雷雲の電荷分布は上部が負電荷、下部が正電荷をもつ負極性であるとし、この電荷の生成機構として水滴分裂説をたてた。一方ウイルソンは雷雲が頭上を通過するときの地上の電場変化を測定し、雷雲の電荷分布は上方正、下方負の正極性であるとし、大気電場によって静電偏極を生じた雨滴が、落下中に負イオンを選択吸収する作用によってこのような電荷分布を生ずることを説明した。雷雲の電氣的構造について両者は全く相反するモデルをとっていたので、その論争は当時の学者の注目の的となった。エルスターガイテルの感応説が実験的に否定されてから、シンプソンの水滴分裂説は、雷の電気を説明する最も有力な説として多くの気象学者に信じられていた。所が 1928 年グラスゴー大学で開かれた。シンプソン、ウイルソンの立合講演会では、ウイルソン学派の B. F. J. ションランドや R. A. ワットソンワット等当時の若手の研究者が世界各地で行った電場の観測結果は凡て、ウイルソンのモデルを支持するものばかりだったので、シンプソンの説は甚だ具合が悪いことになり、シンプソン自身も他日論文をもってこの疑問に答えることを約した。

シンプソン⁽¹⁾(1937, 1941)は其後、気球を用いて直



第1図 シンプソンの雷雲母型

- ← 気流
- + 正の雨滴
- + 正電荷
- 負の雨滴
- 負電荷

接雲内の電場を測定する Alti-electrograph を考察し、雷雲の来襲するたびに、之を雲中に放ってその記録から雲内の電荷分布を求めた。その結果は第1図に示すように、雷雲の上部には P と記した正電荷が広い範囲に分布し、その下に N と記した負電荷があって、雲中の主要な電荷はウイルソンの指摘するように正極性になっているが、雲の下部の最も上昇気流の激しい領域には、 ρ と記した正電荷が部分的に分布することがある。夫々の電荷中心は、一定の温度高度に関係し、P, N 及び ρ の中心は夫々、 -27°C 、 -10°C 及び $+2^{\circ}\text{C}$ の温度高度にある。シンプソンの研究は、直接雲中の電場を測定した点で、画期的なもので、雲中の電荷分布についてはウイルソンとの論争にピリオドを打つ見事な結果を収めたが、又雷雲の主要な電荷が、氷結高度より遙か上方にあることを明にした点も非常に重要な発見である。

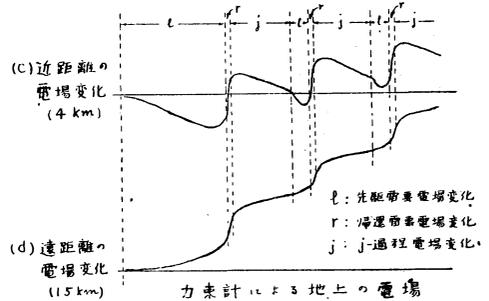
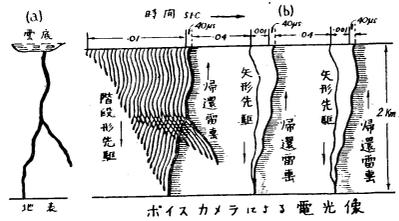
その結果 ρ -電荷及び氷結高度付近の負電荷については、水滴分裂説を適用する可能性はあるが、主要な電荷 P, N については別の生成機構を考えなければならないことになった。之に対し北海道大学の吉田⁽²⁾(1944)は、氷晶の摩擦、破壊による帯電の室内実験の結果にもとづいて、その生成機構を説明した。

アメリカでは E. J. ワークマン⁽³⁾(1944)がニュー・メキシコで7地点で放電による電場変化の同時測定を行って、電荷中心の位置を解析した。その結果によると、雲間放電をおこす一組の電気双極子は、水平に近く傾いていて、平均すると垂直距離 1 km、水平距離 3 km で正負両電荷中心の高さは夫々 5.8 km、5.2 km となっている。シンプソンの結果とは多少異っているが、温度高度にすると両電荷共に $-5^{\circ}\sim-25^{\circ}\text{C}$ の範囲にあり、氷結層より上にある点では一致している。

本邦では之と相前後して前橋付近で学振雷災防止特別委員会によって大規模な雷雨観測が行われ、電氣的な観測結果をまとめた畠山⁽⁴⁾(1946)は、放電にあづかる正電荷は 8~12 km、負電荷は 4~8 km の範囲に分布する可能性を指摘している。

一方ウイルソン学派のションランドとその協同研究者⁽⁵⁾(1933, 1935, 1937, 1938, 1949)は南アフリカのヨハ

ネスブルグでボイスカメラを用いて電光の撮影を行い、落雷の放電機構について詳細な研究を行った。第2図にその結果を模型的に示している。(a)は静止カメラの像、(b)はボイスカメラの像を水平の時間軸に引きなおして描いたものである。図からわかるように、1個の落雷は雷撃(Stroke)と呼ばれる数個の放電を含み、通常3~4個の雷撃から成るものが多い、雷撃間の時間間隔は0.03~0.07 secである。夫々の雷撃は、雲から大地に向けて Streamer (糸状にのびる衝突イオン化の領域)ののびる先駆過程(Leader process)と之が大地に達した瞬間同じ路を通過して大地から雲に向かって明るい Streamer が急速にのびる帰還雷撃(Return stroke)とからなっている。第1雷撃の先駆は第2雷撃以後の先駆とは著しく異り、持続時間が10倍程度長く、Streamer は規則正しい休止時間(31~91 μ sec)をおいて、繰返し生じ1回の進行毎に平均50 m (10~206 m)づつ先にのびる。この形の先駆を階段形先駆(Stepped leader)第2雷撃以後の先駆を矢形先駆(Dart leader)と呼んでいる。放電路の分枝は、第1雷撃先駆と帰還雷撃だけにあらわれ、2回以後には見られない。雲底の高さを2 km とするときの各過程の時間関係は図に示す通りで、その進行速度は第1表のようにになっている。又階



第2図 多重対地放電の雷光と電場変化

第1表 多重対地放電の成分放電の速度と継続時間

	速度 (cm/sec)	継続時間 (sec)
階段形先駆 Pilot streamer Stepped streamer	3~1×10 ⁷ >1×10 ⁹	10 ⁻²
矢形先駆	2×10 ⁸	10 ⁻³
帰還雷雲 残光	2~5×10 ⁹	4×10 ⁻⁵ 10 ⁻³
雷撃間隔		0.03~0.07

第2表 ワークマンの実験に於ける水の氷に対する電位差

溶解する電解質	最大電位差 (volts)
Na Cl	+ 30
Ca CO ₃	+ 20
NH ₄ Cl	-105
KH ₄ OH	-232

段形先駆には第3図のような変形があつて、上部では各 Streamer は比較的明るく、1回毎にのびる距離も大きく且分枝の多いのが特徴となっている。下半部では、1回毎にのびる距離がつかまって、明るさも著しく弱くなる。第2図の型を α 型第3図の型を β 型と呼んで区別している。

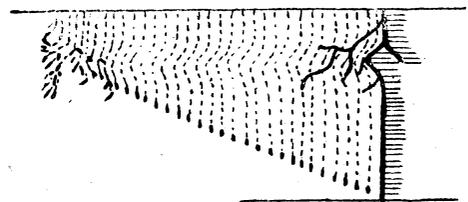
シヨンランド等の研究は放電の構造を明確にした点で非常に価値があり、特に階段形先駆で、Streamer の進

行が、規則的に繰り返される現象は、多くの放電の研究者の注目する所となり、J. M. ミーク⁽⁶⁾(1939) はイオンの再結合によって、その説明を試みている。シヨンランド⁽⁷⁾(1953) 自身も最近の論文で、之と異つた立場から説明を行っている。

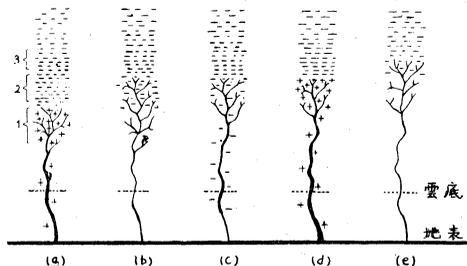
第二次大戦終了後は航空機やレーダー其他の測定技術の進歩によって、雷の研究も一般と進歩し、多くの重要な研究結果が発表されている。之等の中で、雷雲の電氣的構造や電荷生成の機構等に関係の深いものについての展望を試みよう。

§ 2. 雷放電の機構と雷雲の電荷分布

シヨンランド等がボイスカメラを用い、光学的な観測を行っていた当時は、多重放電の雷撃と雷撃の間では、放電は全く休止している様に見えた。従つて多重雷撃を生ずるのは、雲中の電荷が、数ブロックに分れている結果にもとづくと想像されていたが、之を裏付ける観測結果が全く得られない点が問題であつた。シヨンランドと D. J. マラン⁽⁸⁾(1950, 1951) は静電気力束計 (Electrostatic fluxmeter) と称する、回転集電器の原理を応用した極めて時間分解能の高い (1 msec 迄分解出来る) 電場の記録装置を製作し、これを用いて放電による電場変化を観測した。第2図(c)(d)は夫々雷撃点から4 km 及び 15 km の距離で観測した代表的な結果を示す



第3図 β型の階段形先駆をもつ第一雷撃



第4図 ションランドの多重対地放電の説明図

(a)→(b) j -過程 (c) 矢形先駆の下降
(d)→(e) j -過程

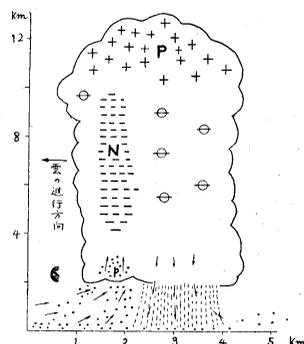
ものである。之を見ると先駆過程及び帰還雷撃に対応する電場変化の外に、雷撃と雷撃の間でもゆるやかな電場変化があって、雲中で放電が続行していることが明になった。ションランド等はこの変化が雷撃と雷撃とを結びつける過程であるとして之を j -過程 (Junction process) と名付け、実際の記録について詳細な解析を行い、雷撃と雷撃の間では、雲中で正電荷が垂直上方に移動するような放電がおきていて、雷撃回数が進むにしたがって、この放電のおこる領域は次々と雲中の高い部分に移動して行くことを明にした。ションランド等は雷放電に関する豊富な観測結果と、室内実験で知られている放電の性質とを考慮し、多重雷撃の機構を第4図のようなモデルで説明している。雲中の負電荷は図の様に地上3~9 kmの範囲に柱状に分布し、その蓄積が大きくなると、その下端と大地との間の電場が強まり、負電荷柱の下部から空気の絶縁をやぶって階段形先駆が大地に向ってのびる。この Streamer の先端が大地に達すると、同じ路を辿って帰還放電が大地から雲に向って走る。大地と負電荷柱の下部1との間は、先駆の切り開いた導電性の大きい路で結ばれているが、之より上の負電荷柱の領域は導電性をもたないから、急激な帰還放電の進行は1の部分で停止する。この状態を示すのが第4図の(a)である。放電路の上端には、残りの負電荷柱によって正電荷が誘導され、負電荷柱2の部分との間の電場が著しく強くなり、放電路の上端からは正の Streamer が負電荷柱の中に延びる。一方大地から Streamer に正電荷を供給する放電路はイオンの再結合と拡散で急速に導電性を失うので、Streamer は負電荷柱の中に1 km も浸入すると進行を停止する(図の(b))。Streamer の浸入した部分を2と記したか2の中に残っている負電荷はイオンの残存する路で大地と結ばれているので、この路にそって矢形先駆を下す(図の(c))。これが大地に達すると第2の帰還雷撃を生ずる。これが終わった状態が図の(d)で、放電路の上端からは前の過程と同様に正の Streamer が負電荷柱3の部分に浸入する(図の(e))、この様にして負電荷柱の電荷が消失する迄、逐次同様な過程をくりかえすが、多重雷撃であって、(a)から

(b)及び(d)から(e)へ移る変化が j -過程である。

ションランド等の力束計による観測は一地点で行われたので、電荷分布の水平方向の拡がりについては疑問が残っていたが、C. A. ハッキング⁽⁹⁾(1954)は同じくヨハネスブルクで3個の力束計による同時観測を行って、落雷に関する負電荷は、落雷点から見れば全体又は一部分が2~3 km 水平にずれることはあるが、殆んど凡て垂直な柱状をなしていることを確めた。

ションランドの協同研究者 マラン⁽¹⁰⁾(1952)は力束計による電場変化の観測を続け、落雷の直前、直後の電場の統計から次の様な結論を出している。雲の下部或は雲と大地の間に、正電荷の部分的な分布(P -電荷)が存在し、この P -電荷と電中の負電荷(N -電荷)との間で生ずる強い電場が落雷の直接のきっかけを造り、 P -電荷は一回の落雷で全部消費され、このときの第一雷撃の先駆は β 型の階段形先駆となる。雷雲の活動が盛なときは P -電荷はくり返して出現し、この様な型の落雷は全落雷の65%を占める。 P 、 N 及び P 電荷量の比率は4:4:1で(シンプソンでは6:5:1)電場の価から、電気量を求めると夫々+40、-40、及び+10 coul となる。かつてシンプソンの論敵であったウイルソンの流れを汲むマランが力束計による観測から、Alti-electrograph によるシンプソンの結果と符号する結論を出している点は甚だ興味深いものがある。マランは次にのべるロスガンやサンダーstormプロジェクトの結果を参照し、第5図のような模型図を描いて最盛期(Matur stage)の初期の雷雲の cell について落雷直前の電荷分布を示している。

ドイツでは高度3000 mのツークシュピッツ山頂で J. キュットナーが、3年間にわたり雷雲や積雲内の降水



第5図 Malan の雷雲模型 (落雷直前の最盛期の cell)

- + 正電荷
- 負電荷
- ⊖ 正負電荷の観測される領域
- 地上の尖端放電で生じた正電荷
- ← 風向
- ⋮ 雨

と電場の観測を行い、氷結高度付近に小正電荷(P -電荷)の中心があり、負電荷(N -電荷)中心は -8°C 付近に、正電荷(P -電荷)は更にその上方で幾分進行方向の後方にずれて拡げられていることを結論した。キュットナーは更に電光は生じなくとも強い驟雨を降らせる積雲(Shower cloud)の中では電場は雷雲中の場合と同程度に強く、二つの雲の電氣的構造には本質的な差異

はないこと、雷雲やこの様な積雲 (Shower cloud) が発達するには、氷結層が、かなりの高度にあり、雲底が氷結層より下まで発達することが必要であること等気象学的に興味ある結論を出しており、又雷雲中の降水は93%が固相で大部分が Graupel の形をとること、雲中では降水の開始と電光の開始が殆んど同時であること等、電荷生成の機構を考える上に重要な事実を明にしている。

アメリカではロスガン⁽¹²⁾(1947, 1948, 1949, 1950)が航空機で雷雲や積雲 (Shower cloud) 中の電場や、雨滴の電荷を測定し、9ヶの雷雲では最強電場の平均は1300V/cmで、航空機が雷撃を受ける直前に3400V/cmと云う値を観測し、放電の機構を論ずるに重要な数値を提供した。雨滴の電荷の測定結果は非常に複雑で、殆んど凡ての高さで正及び負の粒子が測定された。

サンダーstormプロジェクト [H. R. バイアースと R. R. プラハム⁽¹³⁾(1949)]では雷雲の cell 構造が明にされたが、同時に RHI レーダーによる観測から、雲頂が -21°C (約9000m)の高度に達すると始めて電光放電が開始し、雲頂が最高になったとき放電頻度も最大になり、雲頂が -13°C (約7500m)の高度以下に下る迄は放電が維持されること。電光放電の頻度の最大は、地上の降雨の強さの最大より早くおこること等、電荷生成の機構と結びつけて検討すべき結果が得られている。

ヨハネスブルグに於けるシオンランド等の研究は、多年謎とされていた多重対地放電の機構を説明すると同時に、気象学的にも妥当な雲中の電荷分布を明確にした点で、雷の研究に大きな進歩をもたらしたものである。これに対し T. W. ワーメル⁽¹⁴⁾(1954)はケンブリッジに於ける力東計の観測結果では、多重雷撃に於て j-過程のおきる領域が、雷撃毎に雲の上部に移動するような記録が得られる場合は割合に少く、落雷全体の25%にすぎないといっている。又きわめて確実な観測と解析の方法をとっているニューメキシコのワークマンの結果もヨハネスブルグのものとは多少異っている。筆者等⁽¹⁵⁾(1954)が観測を行った夏期の前橋付近の強雷(熱界雷)ではヨハネスブルグ型の結果が得られた。一口に雷雲といっても、そのときの一般流や氷結層の高さ等によって、かなり異った構造をとることが考えられるから、夏期の典型的な熱雷については、第5図のモデルが妥当すると考えて差支えないだろう。今日ではレーウインによる気球の追跡が可能になり、RHI レーダーによって雲の垂直構造を知ることが出来るから、Alti-electrograph. レーウイン及びレーダーによる同時観測が行われるならば、更に多くの知識が得られるだろう。

§ 3. 電荷生成の機構

ワークマン⁽¹⁶⁾(1948, 1949, 1950)は自ら行った雲中の電荷分布の観測結果から、電荷生成の起る温度高度は主として -5°C から -10°C の範囲にあること、電荷

の分離は降水現象と密接な関係があることを考え、氷と水の二相間で電荷が分離する過程を予想し、これを実証する室内実験を行った。ワークマンは細長い容器に入れた水を一方の端から冷却して凍らせ、水に対する氷の電位を測定した。電位の大きさと符号は、溶解して居る微量の電解質によって大きく左右され、結果の一部を示すと第2表のようにになっている。航空機で雷雲中から採集した水滴は炭酸カルシウム、塩化ナトリウムの微量を含み、凍結に際しては水に正荷電が、氷に負荷電が分離することが確められた。彼はこの実験にもとづいて、雲中の電荷分離の機構を次のように説明している。雲の頂上付近で昇華によって生じた氷晶が成長して落下を始めたとする。この氷晶が -10°C の温度高度以下に落下すると、上昇気流に運ばれる過冷却の水滴に衝突し、水滴の一部は氷晶に付着して凍結し、一部は飛沫となって空中に飛散する。このとき氷粒に負荷電が、飛沫には正電荷が生ずる。落下する氷粒はこの過程をくりかえして負電荷を集め、飛沫の正電荷は上昇気流で雲の上部に運ばれる。一回の落下で氷粒の得る電気量は僅であるが、この氷粒が氷結高度以下に落下し水滴となり、分裂して上昇気流で運ばれるから、落下する氷粒は、この負荷電をもった水滴と衝突し、多量の電荷を蓄積するに至る。ワークマンは室内実験では非常に多種類の電解質について定量的な測定を行っているが、雲中の過程については上述のような定性的な説明を行っているにすぎない。気象研究所の嘉納⁽¹⁷⁾(1954)は雲中の氷粒と水滴の衝突の過程について計算を行い、雷雲のモデルに近い電荷分布を生じ得ることを示した。H. J. アウフムカンペと H. K. ワイクマン⁽¹⁸⁾(1951)は過冷却の水滴を金属棒に吹き付けて、凍結させる実験を行って、氷が負に水滴が正に帯電することを示した。この場合は電解質の存在は帯電作用に影響を与えないが、水滴が正に、氷が負に帯電することは、雷雲中から採集した水滴についてのワークマンの実験結果と一致する。B. J. メーソン⁽¹⁹⁾(1953)はこの実験結果にもとづいて雷雲中で、Graupel が過冷却微小水滴と衝突して成長する過程で、電荷が生成され、降水の落下作用によって、電光放電を起すに足る電荷の分離が行われることを論じている。

マラン⁽²⁰⁾(1952)は雲の下部或は雲底下の正電荷(カ電荷)は、地表の尖端放電によって生じた正イオンが、上昇気流で運ばれて、雲中或は雲下の水滴に付着して移動度を失い、これが集積して生じたものであると説明している。

雲中での電荷分離の過程については、現在では実測が不可能な為、電荷生成の研究は、室内実験の結果に適当な仮定を設けて、理論的な考察を加えることと云う範囲を出ていない。活動の盛な雷雨では電光放電は20 secに1回の割合で起ること、放電によって消失した電場は6

～10sec で完全に回復すること等から考えて、上昇気流で運ばれる微小水滴又は微小氷粒と落下する大粒の降水との相対運動が、雲中の P 及び N -電荷を分離させる重要な作用を担っていることは確実であろう。

§ 4. 雷放電と空電

雷放電に際しては平均 20 coul の電荷が消費され、之によって生ずる電場変化 E は一般に次の式であらわされる。

$$E = \frac{2hQ}{r^3} + \frac{2hdQ}{cr^2 dt} + \frac{2hd^2Q}{c^2r dt^2}$$

ここに r は観測点迄の距離、 h は電荷中心の高さ(雲間放電の場合は二つの電荷中心の距離)、 Q は消費される電気量、 c は光速で、単位は静電単位を用いる。第 1, 2, 3 項は夫々静電場、誘導電場、輻射電場をあらわす。距離 10 km 以内では第 1 項に比べ、第 2, 3 項は無視出来るから、観測される電場は凡て静電場として取扱うことが出来る。ところが距離が 25 km 程度になると、第 3 項が同程度の大きさとなり、50 km 以上では、第 3 項が卓越する。 $\frac{dQ}{dt}$ は放電電流で、 $\frac{d^2Q}{dt^2}$ はその時間微分であるから、多量の電流を含む Streamer が進行を開始するとき、或は停止するときに大きい値をとる。シヨンランド等の研究で放電機構の明になっている対地放電について、このような過程のおこる場合を考えて見ると(1)階段型先駆の各 Streamer の出発と停止、(2)帰還放電の開始と枝分れの分枝点を通過するときの電流の若返りがある。

このような過程は極めて遠方に於ても、輻射電場の変化を生じ、長波の受信器に空電妨害を与える。特に帰還放電の開始に伴う輻射電場は非常に強勢で遠方迄傳播し、途中地表と電離層との間で多重反射を起して波形の変形を生じ、10 KC 付近に主要な周波数成分をもつ遠距離空電となる。この種の空電は発生源から 500km 以上で観測され、6000km 以上の遠方迄傳播すると云われている。

空電の遠距離迄傳播する性質は、遠隔地の雷雨位置を検出する実用上の目的に利用される。イギリスではイングランドに 2 カ所、アイルランド、スコットランドに各 1 カ所合計 4 カ所の方位観測所が設置され、空電方位の日常観測が行われている。観測結果は専用電話で予報中心地ダNSTABUL に送られ、地図の上にプロットされて、毎日の天気解析の資料に用いられている。

スエーデンの H. ノリンダー⁽²⁰⁾(1953) は、放電点から 3～70km の間の二地点で空電波形の同時観測を行い、距離による空電波形の変化について詳細な実験的研究を行った。ノリンダーは又雷雲によっては落雷を起さず、専ら先駆放電型の空電を輻射するものがあることを指摘している。

一般に雲間放電は帰還雷撃を欠いた先駆放電型の放電

と考えられて居り、之も有力な空電の源となっている。名古屋大学の石川、高木⁽²¹⁾(1952) は発雷直前の状態にある積乱雲からは、既に部分放電型と称する先駆及び帰還雷撃型の空電とは異った波形の空電が輻射されることを観測している。フランスの M. スルデイロン⁽²²⁾(1952) はボイスカメラで雲間放電の電光を撮影し、雲間放電にも先駆と帰還の過程をとる放電、この過程をくりかえす多重式の放電があり、更にボイスカメラに巾広いボケた像を生ずる長時間発光状態を呈する放電があることを示した。筆者⁽¹⁴⁾(1954) は力東計による観測結果から電間放電は先駆放電型の放電と j-過程型の放電とから成ることを推論した。落雷を最大のものとする雲の電氣的活動には多様な形態が存在するから、空電や電場変化の観測によってその規模と機構を明確にすることは、今後に残された問題であろう。

雷研究の展望と題して叙述を試みたが、勿論雷についての重要な研究を網羅したわけではない。之について一覽されたい方には川野⁽²³⁾の総合報告が便利であろう。

文 献

- (1) Simpson, G. & Scrase F. J. 1937 : Proc. Roy. Soc., A, 161, 309.
Smpson, G. & Robnson, C.D. 1041 : Ibid. A, 177, 281.
- (2) 吉田順五, 1944 : 低温科学, 1, 149.
- (3) Workman, E. J., Holzer, R. E. & Pelsor, G. T. 1942 : Techncal Notes NACA, No. 864.
- (4) 畠山久尙 1946 : 気象技術官養成所 報告研究報告. 1, 33.
- (5) Schonland, B. F. J. & Collens, H. 1933 : Proc. Roy. Soc., A, 143, 654.
Schonlend, B.F.J., Malan, D. J. & Collens, H. 1935: Ibid. A, 152, 595.
Schonlend, B.F.J. 1938: Ibid. A, 164, 132.
Schonlend, B.F.J., Hodges, D.B. & Collens, H. 1938 : Ibid. A. 166, 58. & A, 168, 455. Malan, D, J, & Schonland, B.F.J, 1947 : Ibid. A, 191, 485.
- (6) Meek, J.M. 1939 : Phys. Rev., 55, 972.
- (7) Schonland, B.F.J. 1953 : Proc. Roy. Soc., A, 220, 25.
- (8) Malan, D. J. & Schonland, B.F.J. 1950 : Proc. Phys. Soc., B, 63, 402.
Malan, D. J. & Schonland, B.F.J. 1951 : Proc. Roy. Soc., A, 206, 145. & A, 209, 158.
- (9) Hacking, C. A. 1954 : Journ. Geophys. Res. 59, 449. (7頁へつづく)

ない気持である。

雷雨注意報 雷雨の業務の一環として夏の雷雨の多発期間だけ各地の発雷状況を知るために気象官署以外に、関係機関の協力のもとに雷のための特別な観測所がかなりの密度で分布されており、雷が発生すればこれら観測網から速刻その状況が予報中枢に通報される。予報中枢はこれらの資料と気象の状況によって落雷が予想されれば雷雨注意報として直ちに電力側に通知されるわけである。電力機関では、予報は主にその日の送電線、発電所、変電所など施設の作業計画、すなわち予報によっては作業予定の変更あるいは作業の中止などに使われるわけであるが、注意報の場合は警備人員の配置、雷害を受けた場合の送電系統の対策、予備発電機の準備、負荷の切換に対する考慮などが速刻なされるものであり、それだけ注意報の発表は速かになされなければならない。電力関係の方々と話し合うとよく雷雨注意報が遅いというお小言を戴く、これはとくに山岳地帯の発電所や雷の発生地帯に勤務される方々に多いのである。勿論この点についてはあらゆる努力が拂われているわけであるが、しかし乍ら現状ではなお不満足な点も幾分ある。その一つには雷雨注意報はその性質上かなり小さな区画に対して発表されなければならないことである。莫然とした大きな区域に長時間にわたる注意報では送電系統の操作その他の作業上、雷雨注意報の意味はかなり薄くなってしまふのである。この点で雷の発生は予想されてもそれが発雷する前に注意報を発表することは困難であり、それも現状の3時毎の地上観測の結果による雷雲の報告だけではなおむづかしい。ここに我々の最も期するものにレーダーがある。今後レーダーが予報、注意報の作業に占める位置はかなり大きいものであろう。次には注意報の通報の問題がある。各観測所において観測された雷が中継所を経て予報中枢に入り、これによって注意報が発表されたら観測所に送られるわけであり、途中の中継状況如何によっては「注意報が来た時には雷雨は終っていた」という様な事態も稀にはあるらしい。この点は観測所の

分布をなお山岳部にまで拡げることによって補われ、雨量その他の資料をも併せて得られる点でも必要であろうが、実際には困難である。しかしこれら最前線における観測が他の区域の電力施設に対して注意を与え、とくに平野部に集中された多くの関係機関では、雷害に対処するための余裕が与えられるわけであるから、一部現状の予備を忍んでも観測通報を続けてもらわなければならない所である。

これらの難点を補ってくれるものにレーダーがある。レーダーによれば雷雲の発生分布、発達状況、およびその移動が直ちに観測されるので、一晩数百通もの発雷通報の汗だくの整理も、注意報の遅延の問題もかなり解決される。この場合 PPI, RHI 両装置の設備は是非必要でありその一方が欠けることはその威力を充分發揮することを不可能とする。ではレーダーによればすべてが満足されるかといえば雷の場合ではなお不十分な点がある。それは放電現象の有無の探知である。積乱雲の発達程度と雷の強さとの関係は今後の調査によって可成り解明されるであろうが、放電現象の初期を知ることはむづかしいと思われる。この点スヘリックスの併用が必要となり、両者の同時使用によって始めて雷雨災害に対する措置は一段と進歩することが可能となろう。ここで欲をいえばスヘリックスもレーダーと同じ様に 100 軒、200 軒とその観測範囲を限定し得る様な装置が欲しい所である。これらの装置の設備が完成されれば現在程度の雷雨観測所の数と分布は必要でなくなるかも知れないが、しかし全然この観測が要らなくなるとは考えられない。ここ当分の間は両者による観測結果の比較が重要な点がある。

理想としては電力設備が如何なる雷放電によっても被害を生じない様な避雷装置を備えつけることであるが、被害の対称となる送電線そのものが裸のまま延々と数百軒も地表に横たわっている点、及び相手が同じ電気である点を考えるとこれに対する対策の進歩も天気予報の精度向上と同じ程の速度かも知れない。(中央气象台)

(5頁よりつづく)

- (10) Malan, D.J. 1952: Ann. Geophys., 8, 385.
 (11) Küttner, J. 1950: Journ. Met., 7, 322.
 (12) Gunn, Ross. 1947: Phys. Rev. 71, 181.
 1948: Journ. App. Phys., 19, 481.
 1949: Rev. Sci. Inst., 20, 891.
 1949: Journ. Geophys. Res., 54, 57.
 1950: Ibid. 55, 171.
 (13) Byers, H.R. & Broham, R.R. 1949: The Thunderstorm, Washington D.C.
 (14) Wormell, T.W. 1953: Q. J. Roy. Met. Soc., 79, 3.
 (15) 北川信一郎, 飯塚利一, 1955: 電力気象連絡会. 会誌, 15, 1.

- (16) Workman, E. J. & Reynolds, S.E. 1948: Phys. Rev. 74, 709.
 1949: B. A. M. S., 30, 142.
 1950: Phys. Rev., 78, 2564.
 (17) Kano, M 1954: Papers, Met. Geophys. 5, 47.
 (18) Aufm Kampe, H. J. & Weickmann, H. K. 1951: Journ. Met., 8, 283.
 (19) Mason, B, J, 1953: Q. J. Roy. Met. Soc. 79, 501.
 (20) Norinder, H. 1953: Arkiv für Geofysik, 1, 543.
 (21) 石川晴治, 高木増美, 1952: 空電研究所報告, 3, No. 1~2, 9.
 (22) Sourdillon, M 1952: Ann. Geophys., 8, 349.
 (23) 川野実, 1954: 科学, 24, 329. (気象研究所)