

## 気象電気に関するシンポジウム (II)

## 降水現象と大気電場その他の気象電気要素との関係

河 村 謙\*

雲の中の電荷分離過程と地球負電荷の保持機構との解明を目的として始められてから、降水の電荷の観測はすでに半世紀余にわたって続けられて来ているが、種々の条件によって複雑に支配されるその観測結果の多様性のために之迄統一的な現象の把握は極めて困難であったが、最近漸く Chalmers (1951) 及び Smith (1951, 1955) 等の研究により、これ等の複雑な現象に対して、一応良く説明出来る推論が可能になったように考えられる。

この報告では、第一にこれ迄に得られた観測結果の概要を述べ、次に降水電気学の現在の問題点が何処にあるかを考察して、地表で観測される降水電荷の起源と地球の電荷収支機構に就いて現在認められている解釈に触れ、更に之等と密接な関連を有する天候と電位傾度変化型の関係に関する現在までの研究結果に言及する積りである。

## §1 降水電荷の観測

受水器を用いて降水の電荷を測定するには二つの方法がある。一つは一定時間毎に降水によって運ばれる電気量を測定する方法であり、他は一定量の降水に含まれる電荷を観測する。第一の方法は Elster and Geitel (1888), Simpson (1909), Kähler (1909), Schindelbauer (1913), Benndorf (1910), Baldit (1912), Berndt (1912) 及び Banerji (1932) によって採用された。第二の方法を用いたのは M'Clelland and Nolan (1912), M'Clelland and Gilmour (1920), Miss Marwick (1930), Scrase (1938) 及び菊池 (1943) である。Gerdien (1903) は  $10^{12} \Omega$  の高抵抗をシャントに持った電位計を使用して降水電流の瞬時値を観測した。Elster and Geitel を始め、以上の観測者は受水器を電場から遮蔽して用いたが、それでは降雨に伴う他の過程による実在する電荷の授受を見逃すことになる。そのために Weiss (1906), Herath (1919), Wilson (1916), Schonland (1928), Chalmers and Little (1940, 1947) 及び Simpson (1948, 1949) は露出受水器を使った。特に Wilson, Schonland 及び Chalmers and Little 等は 'guard ring' を用いて飛沫の作用をも同時に観測した。然し露出受水器では降水電流と伝導電流とを区別出来ない。

降水電荷の測定の目的が地球負電荷の保持機構の解明に限定される場合には降水電流を測定すれば足りるが、雲の中の電荷分離機構と降水の帯電過程とを研究するには当然個々の雨滴の電荷を測定しなければならない。最初これを行なったのは Gschwend (1922) である。その後この観測は Banerji and Lele (1932) 及び Chalmers and Pasquill (1938) によって行われた。Gschwend 及

び Chalmers and Pasquill は口径の小さな受水器を用い、これに入って来る雨滴の数を調整して個々の雨滴を測定し、Gschwend は同時に Wiesner (1895) の方法によって雨滴の大きさも観測した。Banerji and Lele は一つの雨滴の観測が終るまで、次の雨滴が受水器に入らない様にして測定した。雨滴の数と大きさは毛管圧力計で測定されている。Ross Gunn (1947) が誘導法を用いて雲の中の雨滴の電荷を観測して以来、最近数年間にその測定技術が急速に進歩し、Gunn (1947, 1949, 1950), Hutchinson and Chalmers (1951), Smith (1951), Federov (1951) 及び Banerji and Lele (1952) 等によって観測が行われ、特に Simpson (1948, 1949), Chalmers (1951) 及び Smith (1951, 1955) の画期的研究により、これ迄解決が非常に困難であった雨滴電荷の起源に関する問題も漸く全面的な解決の端緒が見出された様に思われる。

## §2 降水雲荷の観測事実

上述の如くこれ迄非常に多くの人達によって観測されて来たが、降水電気現象は他の気象学上及び気象電気学上の現象によって複雑に支配され、観測地の地理的・気象的条件の相違、測定方法及び装置等の選択によって非常に異った結果が得られ、統一的な現象の把握は極めて困難であった。然し降水を其の種類によって(1)連続降雨(2)驟雨(3)雷雨及び(4)雪その他固体降水粒子に分類すれば幾分それらの結果の間に良い一致が認められる。

降水電流の観測から

- (1) 降水は全体として負電気量よりも多量の正電気量を地球へ運ぶ。降水別に見れば連続降雨及び雷雨では正電荷の過剰が、驟雨では負電荷の過剰が認められる。雪に関する一定の結論は未だ得られていない。
- (2) 正の降水のあった時間は負の降水のあった時間よ

\* 柿岡地磁気観測所

りも一般に長い。

- (3) 負の降水の電荷密度は正の降水の電荷密度よりも高い。
- (4) 降水電流密度は  $10^{-16} \sim 10^{-12}$  amp/cm<sup>2</sup> 程度であり、降水電荷密度は 0.01~2.0 esu/cc の範囲にある。連続降雨に対する平均値は 1esu/cc より小さいが驟雨及び雷雨に対する平均値は 2 esu/cc を超える。

又、個々の降水粒子の持つ電荷に関しては

- (1) どの様に短い時間をとっても大抵の降雨は両符号の雨滴をあわせ持っている。
- (2) 正電荷を持った雨滴の方が一般に多く観測される。
- (3) 1個の降水粒子の持つ電荷は  $10^{-5} \sim 10^{-1}$  esu/drop の範囲にある。これ迄の観測結果は第1表 (Ross Gunn, 1951) に要約されている。

第1表 個々の降水粒子の持つ電荷 (Gunn, 1951) (esu × 10<sup>9</sup>)

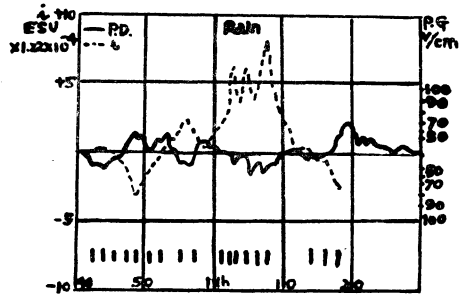
観測者	高度 (m)	電荷	連続降雨	驟雨	雷雨	連続降雪	驟雪
Grytved (1922)	地上	+	0.24	1.75	2.41	0.09	5.64
		-	0.53	5.43	5.89	0.06	4.78
Banerji and Lele (1932)	地上	+		6.4	6.9		
		-		6.7	7.5		
Chalmers and Pasquill (1938)	地上	+	2.2	1.3	3.7		10.5
		-	3.0	2.3	9.2		5.7
Gunn (1947)	4,000	+		24			
	12,000	+		41			
	20,000	+		100			
		-		63			
Gunn (1949)	地上	+		15	0.67		
		-		19	1.0		
Gunn (1950)	地上	+		81			
		+		65			
		+		148			
		+		112			
		+		123			
	-		76				
	-		52				
	-		62				

§3 降水と電場その他との関係

降水と電場との関係は雲の帯電機構を研究する上に極めて重要で、大抵の降水電荷の観測者はその電場との関係を調べ、一般に降水電荷の符号と地表電場の符号との間の逆関係の存在が認められている。その現象を最も明瞭に認めたのは Simpson (1948, 1949) で、彼は尖端放電を伴う強い電場が存在する場合に所謂 'mirror image effect' を見出し、その原因を推論した。第1図はこの作用の一例を示す (Simpson 1948)。Chalmersはこの現象を雨滴の電荷の起源について考察し、雨滴は雲の下で主として Wilson (1929) の過程によって帯電すると考えた。Smith (1951) も短時間に極めて多数の雨滴を観測し同様の結論をえている。その他 Gunn (1953, 1949) の研究がある。

§4 弱い電場中に於ける雨滴の電荷

Simpson (1948, 1949) は尖端放電のない場合の降水電荷と電場との間の関係は次の実験式で近似されることを知った。



第1図 Mirror Image Effect (Simpson 1948)

$$q = -0.0145 (P-4)$$

$$i = -0.0145 (P-4) \cdot R$$

q, i, P及びRは夫々降水電荷密度 (esu/cc), 降水電流密度 (esu/cm<sup>2</sup>・sec), 電場の強さ (v/cm) 及び降雨強度 (cm/sec) を表わす。換言すれば、

- (1) 降雨電荷は降雨強度に無関係で、qとPの間には直線関係がある。
- (2) +4 v/cm は Kew に於ける晴天電場値で、これよりも小さな電場の場合には降水は正電荷を運ぶ。

(2)の事実は雨水の電荷と晴天電場からの電場の偏倚との間の明瞭な逆関係を示すものであり、Smith (1951) はこれを Lenard 効果 (1915, 1921) の結果と考えているが、誘導法によっても雨滴の正電荷が観測されるのでその説明は容易ではない。

§5 Mirror Image Effect

Simpson (1948, 1949) は尖端放電を伴う強電場中での同時観測から降水電流と尖端放電電流とはその符号が反対である許りでなく、屢々同時にその符号を反転させることを観測しこれを 'mirror image effect' と呼んだ。彼はこの作用を次の様にして説明している。降水粒子は地表面付近で尖端放電空間電荷を Wilson の過程によって捕捉し、従って降雨が激しくなると降水粒子は発生したイオンを全部捕え、その電流は飽和状態に近ずき、又一定の降雨強度の場合には降水電流は尖端放電電流に比例すると。

若し、Scraser (1938)及び Banerji and Lele (1952)の様に、雨滴は地上で観測される其の電荷を雲の中又は雲底付近で得、反対符号の電荷を雲粒に残し、その電荷が地表の電場を作ると考えても、定性的には降水の電荷と地上電場の逆関係を説明出来るが、雨滴の到達時間と大気の遅滞時間とを考慮に入れば、両者の地上に於ける出現時間には必ず遅延が起る筈で、これは mirror image effect の説明には都合が悪い。

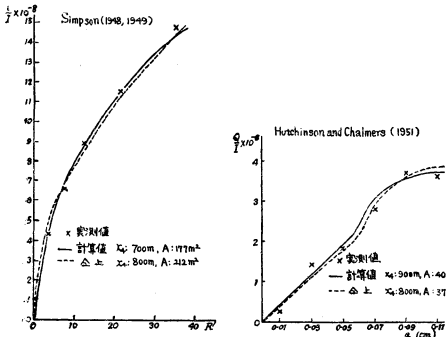
Hutchinson and Chalmers (1951), Chalmers (1951) 及び Smith (1951, 1955) は Simpson の考えに基き地表付近の Wilson の過程から此の現象を説明しようと試みたが、地上で観測される大きさの電荷を雨滴が得るには、地表電場よりも遥かに強い電場中を雨滴は落下して

来なければならず、従ってかなり高い所でイオン捕捉が必要で、やはりこの作用の説明は簡単に行かないことが分った。

§6 雨滴電荷の起源

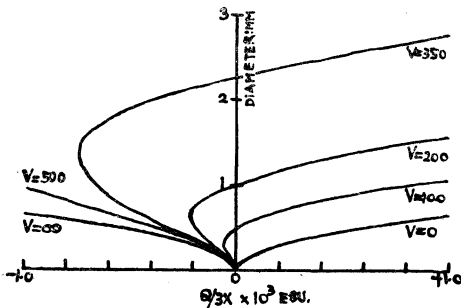
雲の中に於ける降水粒子の帯電過程は、雲の帯電従って雷雨現象に重要な役割を占め、かつ非常に興味深い分野であるが、ここではその詳細な議論を避け、唯地上で観測される降雨電荷の起源について述べるにとどめる。

前述の如く、Chalmers(1951)はWhipple and Chalmers (1944)の計算に基くSimpson (1948, 1949)及びHutchinson and Chalmers (1951)の結果の考察から、雨滴は高い所で地表よりも遥かに大きな電場中を落下して来ることを推論し、定量的にもWilsonの過程によりその結果を説明することが出来た。第2図はChalmersの計算結果と実測値との比較を表わす。Smith (1951,



第2図 実測値と計算値との比較 (Chalmers, 1951)

1955)も同じ立場から計算を行い、大きな雨滴は落下速度が速く、且初期電荷も大きいので、初期電荷の符号を維持したまま地表に達するが、小さな雨滴は同一条件でも落下中に符号を変えることを示し、自身の観測結果を説明した。第3図はSmithの結果を示す。Chalmersは受水器又は誘導環の遮蔽装置が小さな雨滴の測定を妨げることを指摘し、これが最近迄電場と降水電荷との逆関係の明瞭な確認を与えなかった理由であると考えた。



第3図 雨滴電荷と半径との関係 (Smith, 1955)

地表で観測される雨滴の電荷は、勿論雲底附近で行わ

れる或る帯電並びに電荷分離過程によって初期電荷をうるが、特に強い電場の際には、雲底を離れて落下中に行われる過程(恐らくはWilsonの過程)によって主として影響され、初期電荷は大きさのみでなくその符号までも変えられて地表に達するという解釈が、これ迄の観測事実を説明するに最も都合が良い様に思われる。今後に残されている問題は上層特に地表から雲底までの雨滴電荷及び電場の分布を同時に観測し、上の解釈を証拠づけることである。

§7 地球負電荷の保持機構

晴天域の地表電場は正で、地表には負電荷が存在する。地表への負電荷の連続的な補給がなければ、晴天時の伝導電流はこの電荷を短時間に消費する。然るに、地表の負電荷は殆ど常に一定値を保持する。降水電荷の極く初期の観測者は伝導電流に対して地球の負電荷を保つものは擾乱域に於いて降水が地球へ運び込む電荷であると考えたが、観測の結果は一般的な正降水電荷の過剰を示し、この推論はくつがえされた。

Wilson (1920)は晴天時の電流を補償するものは雷雨活動であると考えた。Mauchly (1923)は海上での観測から電場の世界時の日変化を発見し、Appleton (1925)はこの日変化が地球上に於ける雷雨活動の日変化によく対応することを認めた。更にWhipple (1929)及びWhipple and Scrase(1936)は雷発生頻度の統計を行い、この対応を確認しWilsonの説を支持した。現在では降水現象は伝導電流に加わって地球へ正電荷を運び、これに対して地球の負電荷を保持するものは雷活動域に於ける落雷と尖端放電々流であると考えられている。

Wormell (1930)はCambridgeにおける観測について電荷の収支決算を行い負電荷の過剰伝達を認め、Calmers and Little (1947)もDurhamに於いて同じ結論を得ている。熱帯地方の陸上では雷雨活動がもっと頻繁に起りこの負電荷の過剰額は更に大きくなる。然し、海上では局所的汚染がなく晴天電流は陸上の値よりも大きく且尖端放電もないと考えられるので、此処では正電荷の搬入が考えられ、又砂漠地方及び極地方でも正電荷の卓越が期待され、地球全体を考えるとその収支は略釣合っていない筈である。

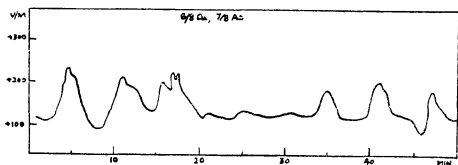
最近Gish and Wait (1950)は雷雲上に於ける飛行機観測から1個の雷が供給する全電流を求め0.5 Amp.という平均値をえた。一方晴天域の伝導電流は約1800 Amp.と概算され、雷がこれを補償するものと考えれば、同時に3600個の雷が活動していなければならないが、種々の統計に徴して此の数は妥当であるということが証明されている。

§8 天候と電位傾度変化型

地表面の電位傾度の観測は通常どの観測所に於いても行われ、気象要素とその変化の特性との関係も多く研究者によって取扱われて来た。特にその日変化、季節変

化及び雷放電に伴う急変化の観測は詳細且系統的に行われているが、数分乃至数十分の間に起る局所的变化及びその原因に就いての系統的研究は比較的少ない。然し、最近漸くこの分野にも関心が持たれ、Simpson (1948, 1949) 及び Whitlock and Chalmers (1956) 等の研究が行われている。この分野は擾乱時の電位傾度変化に影響する空間電荷の性質(規模、起源及び位置等)に関係し降水電気学上極めて興味深い。

快晴時の電位傾度は正で著しく定常であるが、Whitlock and Chalmers は晴天時(快晴時ではない)には二つの特徴ある電位傾度変化が現われることに気付いた。その一つは‘field pulse’他は‘cusp variation’と呼ばれる。両者共非常に局所的規模の変化で、前者は機関車の煙により、後者は‘convection cell’によると考えられている。第4図はこれ等の変化の一例を示す。

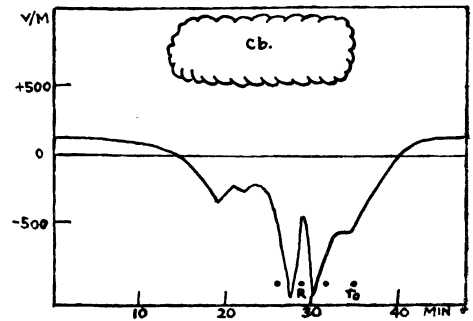


第4図 ‘Cusp-Variation’ (Whitlock and Chalmers, 1956)

曇天時には通常の大気電場は一般に減少時に負になることが認められているが、Whitlock and Chalmers によればこの変化の原因は雲底の負電荷であり、この電荷分離過程は雲底附近が氷点以上にある場合も認められるので雷雲内の過程とは本質的に異なるもので、恐らくは Wilson (1929) の過程か Gunn (1935, 1954) 及び Frenkel (1947) の過程によると推論されている。

Israël and Kasemir (1952) は霧の出現時に弱い負の降水のあることを発見した。又 Chalmers (1952) は霧やもやの場合に高圧線の近所では風上に正電場、風下に負電場が現われることを観測し、碍子の絶縁破壊による放電によって発生した負イオンが霧によって運ばれ、風下の電場に影響することを見出した。Whitlock and Chalmers は霧の場合には電場は正にも負にも偏倚し、霧の濃度に伴って電場の変化も大きくなることを見出し且此の変化にあづかる空間電荷は大気の比較的低層にあることを知った。

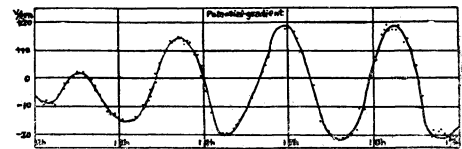
連続降雨時の電位傾度はかなり大きな負値を与え且変化も割合に速い。Simpson (1948, 1949) はこの変化は温暖前線、閉塞前線及び不明瞭な大気不連続がある場合の一般的な雲からの降水に伴うことを認め、Whitlock and Chalmers と共に、この原因は雲の中の負電荷で、その値は比較的大きいと考えている。Simpson 及び Whitlock and Chalmers は主として寒冷前線に伴う驟雨性天候の場合に対称型(V型、及びW型等)の変化が現われることを示し、第5図はその一例である。この変



第5図 対称型変化(Whitlock and Chalmers, 1956)

化も主として雲底の負電荷によると考えられるが雨が強くなると一般にV型からW型に変わり正空間電荷の存在を暗示する。

Simpson 及び Whitlock and Chalmers は乱層雲からの降雪は電位傾度の波動変化を示すことを見出した。その変化状態は極めて規則的で数十分程度の週期を持つ。この変化の説明は未だ与えられていない。第6図はこの波動変化の一例である。



第6図 波動型変化 (Simpson, 1948)

#### 〔謝辞〕

最後にこの報告の発表に当り、種々御懇切に取計らわれました気象研究所北川信一郎研究官に衷心より謝意を表しますと共に、本所吉松所長、横内地球電気課長並びに三崎、近藤両氏の御助言、御鞭達に對し厚く御礼申し上げます。

#### 引用文献

- Chalmers, J. A. 1944 : Atmospheric Electricity  
 Gunn, R. 1951 : Compendium of Meteorology, Atmospheric Electricity, Precipitation Electricity  
 畠山久尚、川野実 1955, 気象電気学  
 Wormell, T. W. 1953 : Review of Modern Meteorology, Atmospheric Electricity, some recent trends and problems.  
 Appleton, E. V. 1925 : Proc. Phys. Soc., **37**, p. 49 D.  
 Baldit, A. 1911, 1912 : Comp. Rend, **152**, p. 807; **154**, p. 731.  
 Le Radium, **9**, p. 92.

- Banerji S. K. 1932 : The Electric Field of Overhead Thunderclouds, Phil. Trans. Roy. Soc, A, **281**, p. 1.
- Banerji, S. K. and Lele, S. R. 1932 : Electric Charge on Rain Drops, Nature, **130**, p. 998.
- 1952 :  
Proc. Nat. Inst. Sci., India, **18**, p. 93.
- Benndorf, H. 1910 : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien., **119**, p. 89.
- Berndt, G. 1912 : Lufterlektrische Beobachtungen in Argentinien. II. Winter (Vorläufige Mitteilung) Phys. Zeit **13**, p. 151.
- Chalmers, J. A. 1951 : The Origin of the Electric Charge on Rain. Q. J. Roy. Met. Soc., **77**, p. 249.
- 1952 : Negative Electric Fields in Mist and Fog. J. Atm. Terr. Phys., **2**, p. 155.
- Chalmers, J. A. and Little, E. W. R. 1940 : The Electricity on Continuous Rain. Terr. Mag. and Atm. Elec., **45**, p. 451
- 1947 : Currents of Atmospheric Electricity, Ibid. **52**, p. 239.
- Chalmers, J. A. and Pasquill, F. 1938 : The Electrical Charges on Single Raindrops and Snowflakes, Proc. Phys. Soc., **50**, p. 1.
- Elster, J. and Geitel, H. 1888 : Über eine Methode, die Elektrische Natur der Atmosphärische Niederschläge zu bestimmen. Met. Zeit., **5** p. 95.
- Federov, E. K. 1951 : C. R. Acad. Sci., U. S. S. R. (Doklady) **78**, p. 1131.
- Frenkel, Y. I. 1947 : Atmospheric Electricity and Lightning. J. Franklin Inst, **243**, p. 287.
- Gerdien, H. 1903 : Registrierungen der Niederschlags elektrizität in Göttingen Geophysikalischen Institut. Phys. Zeit, **4**, 837.
- Gish, O. H. and Wait, G. R. 1950 : Thunderstorms and the Earth's General Electrification. J. Geoph. Res, **55**, p. 473.
- Gschwend, P. P. 1922 : Beobachtungen über die Elektrischen Ladungen einzelner Regentropfen und Schneeflocken, Beilage zum Jahresber. der Kant, Lehranstalt in Sarnen.
- Gunn, R. 1935 : The Electricity of Rain and Thunderstorms. Terr. Mag. and Atm. Elec., **40**, p. 79.
- 1947 : The Electrical Charge on Precipitation at Various Altitudes and Its Relation to Thunderstorms. Phys. Rev., **71**, p. 181.
- 1949 : The Free Electrical Charge on Thunderstorm Rain and Its Relation to Droplet Size, J. Geoph. Res. **54**, p. 57.
- 1950 : The Free Electrical Charge on Precipitation inside an Active Thunderstorm. Ibid., **55**, p. 171.
- 1954 : Electric Field Regeneration in Thunderstorms., J. Met., **11**, p. 130.
- Herath, F. 1914 : Phys. Zeit., **15**, p. 155.
- Hutchinson, W. C. A. and Chalmers, J. A. 1951 : The Electric Charges and Masses of Single Raindrops. Q. J. Roy. Met. Soc., **77**, p. 85.
- Isrëal, H. und Kasemir, H. W. 1952 : Studien über das Atmosphärische Potentialgefälle-VI. Beispiele für das Verhalten Lufterlektrischer Elemente bei Nebel. Arch. Met. Geoph. Bickl, A, **5**, p. 71.
- Kähler, K. 1909 : Veröff. K. Preuss. Met. Inst., **213**.
- 菊池 繁雄 1943 : 雨水の電氣量に就いて(第一報). 地磁氣観測所要報第4巻, 第2号, 1頁
- Lenard, P. 1915, 1921 : Über Wasserfallelektrizität und über die Oberflächenbeschaffenheit der Flüssigkeiten. Ann. Physik, **47**, p. 463; **65**, 629.
- M'Clelland, J. A. and Gilmour, A. 1920 : Further Observations of the Electric Charge on Rain. Proc. Roy. Irish Acad. A, **35**, p. 13.
- M'Clelland, J. A. and Nolan, J. J. 1912 : The Electric Charge on Rain. Ibid. **29**, p. 81 and **30**, p. 61.
- Marwick, Miss T. C. 1930 : The Electric Charge on Rain. Q. J. Roy. Met. Soc, **56**, p. 39.
- Mauchly, S. J. 1923 : On the Diurnal Variation of the Potential Gradient of Atmospheric Electricity. Terr. Mag. and Atm. Elec., **28**, p. 61,
- Schindelhauer, F. 1913 : Über die Elektrizität der Niederschläge, Phys. Zeit, **14**, p. 1292.
- Schonland, B. F. J. 1928 : The Interchange of Electricity between Thunder clouds and the Earth. Proc. Roy. Soc., A, **118**, p. 252.
- Scrase, F. J. 1938 : Electricity on Rain. Met. Off. Geoph. Mem. **75**,
- Simpson, G. C. 1909 : On the Electricity of Rain and Its Origin in Thunderstorms, Phil. Trans. Roy. Soc., A, **209**, p. 379.
- 1948 : Atmospheric Electricity during Disturbed Weather. Terr. Mag. and Atm. Elec., **53**, p.
- 1949 : Atmospheric Electricity during Disturbed Weather. Met. Off. Geoph. Mem. **84**.
- Smith, L. G. 1951 : Dissertation, University of Cambridge.
- 1955 : The Electric Charge of Raindrops.

Q. J. Roy. Met. Soc., **81**, p. 23.  
 Weiss, E. : Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien, **115**, p. 1285.  
 Wiesner, J. 1895: Beiträge zur kenntniss der Tropischen Regens. Sitzb. d. Ak. d. Wiss. in Wien, **104**,  
 Whipple. F. J. W. 1929: Potential-Gradient and Atmospheric Pollution: The Influence of "Summer Time." Q. J. Roy. Met. Soc., **55**, p. 351.  
 Whipple, F. J. W. and Chalmers, J. A. 1944: On Wilson's Theory of the Collection of Charges by Falling Drops. Ibid. **70**, p. 103.  
 Whipple, F. J. W. and Scrase, F. J. 1936: Point Discharge in the Electric Field of the Earth. Met. Off. Geoph. Mem. **68**.  
 Whitlock, W. S. and Chalmers. J. A. 1956: Short

Period Variation in the Atmospheric Electric Potential Gradient. G. J. Roy. Met. Soc., **82**, p. 325.  
 Wilson, C. T. R. 1916: On Some Determinations of the Sign and Magnitude of Electric Discharges in Lightning Flashes. Proc. Roy. Soc., A. **92**, p. 555.  
 ————1920: Investigations on Lightning Discharges and on the Electric Field of Thunderstorms. Phil. Trans. Roy. Soc., A, **221**, p. 73.  
 ————1929: Some Thundercloud Problems. J. Franklin Inst. **208**, p. 1.  
 Wormell, T. W. 1930: Vertical Electric Currents below Thunderstorms and Showers. Proc. Roy. Soc., A. **127**, p. 567.

551.594

# 自由大気中の気象電気現象

内 川 規 一\*

自由大気中の気象電気現象のうち雷活動は最も重要な現象であるが、これについては多くの人の綜合報告があるのでここに述べようとする事は雷の部分を除いて、成層圏より地上附近までの間の実測を主体とした研究を報告したいと思う。

現在までに行われて来た研究を大別すると、3項目に分れる。その1は高層の未知の分野への探求の成果、その2は対流圏内の気象と関連を持つ電気現象の観測、その3は地表附近の大気中における現象の研究である。この3項目に分けて述べる事にする。

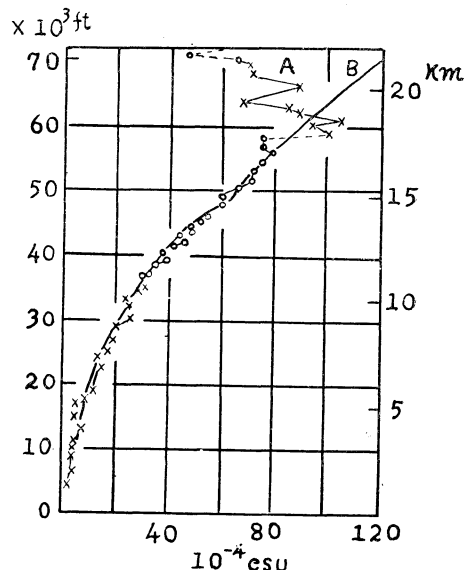
## §1 超高層の気象電気現象

20世紀当初より主としてドイツにおいて塔乗気球による上層への探求が行われた。Gerdien<sup>(1)</sup>(1904), Wigand<sup>(2)</sup>(1914)らは地上6乃至9 km 迄の電気伝導率、電場、或は凝結核を測定した。その結果、地上1000m以下では著しい変化があるが、それより上層では伝導率は増加し、電場は減少している事が分った。

1935年11月11日 National Geographic Society (U. S. A.) によって行われた Explorer II<sup>(3)</sup>は劃期的なものであった。その時に測定された伝導率を第1図に示す。これによると、高度と共に伝導率は増加しているが、19 km 附近に極大を示している。それより上は最高到達高度まで減少し続けている。Gishはこの高度に凝結核が存在している為だろうと云っている。

Holzer and Saxon<sup>(4)</sup>は雷の近傍の伝導電流を計算し、もしも19 km の高さで観測された伝導率の極大が常に存在しているならば、雷によって生じた電流が100 km はなれた処で観測されると云っている。

Explorer II より数年前に、フランスで Idrac<sup>(5)</sup>は電場測定装置を気球につけて飛揚させ、1926~27年間に60



第1図 1935年11月11日 South Dakota (U. S. A.) で行はれた Explorer II のときの電気伝導率の測定値、Aは実測値、Bは宇宙線が唯一のイオン生成源として計算された値、横軸は伝導率、縦軸は高さを示す、

\* 気象庁高層課