

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。

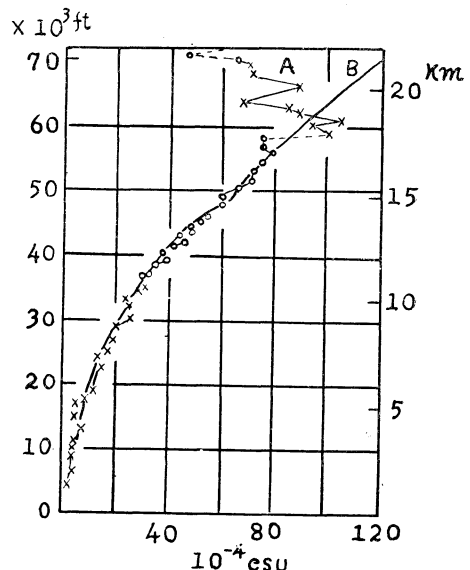
§1 超高層の気象電気現象

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⁽¹⁾(1904), Wigand⁽²⁾(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⁽³⁾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⁽⁴⁾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⁽⁵⁾は電場測定装置を気球につけて飛揚させ、1926~27年間に60



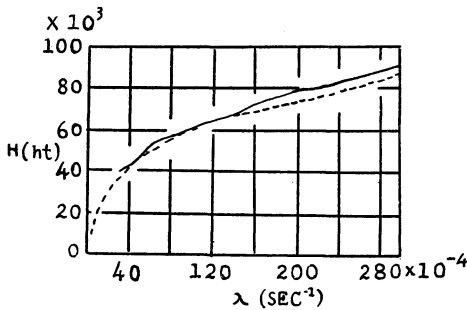
第1図 1935年11月11日 South Dakota (U. S. A.) で行はれた Explorer II のときの電気伝導率の測定値、Aは実測値、Bは宇宙線が唯一のイオン生成源として計算された値、横軸は伝導率、縦軸は高さを示す、

* 気象庁高層課

個あげて、44個の利用出来る記録を得た。これによると10~15 kmの高さの処に電場の増大がしばしば観測された。McDonald⁽⁶⁾はこの観測結果から雷が凝結核を成層圏まで運ぶのではないかと云う考を持ち、運び込まれる量と拡散する量を見積った処、前者が後者よりも 10^2 程度少ないと云う結果を得た。

Stergis⁽⁷⁾らは最近になって、ラジオゾンデにより100,000呎(30.5 km)までの伝導率を測定した。測定値は第2図に示す通り、宇宙線強度より求めた計算値とよく一致している。8個の飛揚のうち5個が成功しており、5個共 Explorer II で見られたような極大の現象が見られなかった。

最近 Faucher⁽⁸⁾は Explorer II のときに用いた測器の Gerdien コンデンサーは高い電圧を与えた為上層で飽和電流となり、伝導率の値が変動したのであると云っている。Stergis らの測定したものは最も信頼性がある。



第2図 ラジオゾンデで測定した正偏電気伝導率率 (Stergis *et al* による)
実線が実測値 (下降時) 破線は計算値。

り、理論ともよく一致するが、成層圏内に凝結核が全然ないと断定するのは早過ぎるに思う。Idracの測定はたとえその測定精度に問題があるにせよ、10 km以上に核の存在を暗示している。来るべき地球観測年の成果が期待される所以(ゆえん)である。

§2 対流圏内の気象電気現象

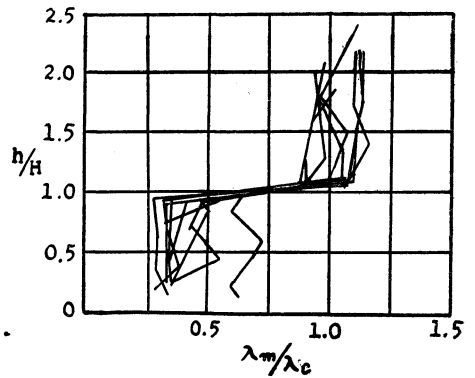
前節で述べたように Gerdien,⁽¹⁾ Wigand⁽²⁾ らが今世紀始めに、対流圏内の測定を行った。その後 Lautner⁽⁹⁾は電場測定装置を飛行機より落下させ3 km以下の空間電荷を算出した。Rossmann⁽¹⁰⁾は第2次大戦終了前、数年間にわたって Oberbayernにおいてグライダーを用い、電位傾度、伝導率、小イオン数及び凝結核の測定を行い、多数の資料を得た。また、天気状態によって電位傾度の垂直分布を分類し、気団分析の資料として有用である事を明かにした。又 Dreisbach⁽¹¹⁾はこの資料から電場と凝結核との間の密接な関係を論じている。

ラジオゾンデによる測定では、Koenigsfeld⁽¹²⁾が日食の際に行ったものがある。食の前後は上層まで電場が弱く安定であったが、食甚のときは4,000m以下に電場の乱れが生じた。Venkiteshwaran⁽¹³⁾も多くのゾンデを飛

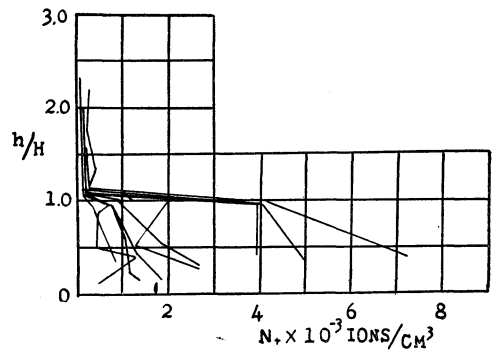
揚し、大気下層に電場の日変化、季節変化のある事を述べている。

飛行機による測定としては、Callahan⁽¹⁴⁾らが晴天のときの電気伝導率を35,000呎の高さまで測定した。数呎以上の上空では、伝導率の著しい日変化や季節変化は見られない。又正及び負の伝導率は共に等しいと云う結果を得た。青木⁽¹⁵⁾は8,000 mまでの小イオン数を測定し、上空へ行く程 $n+/n-$ が1に近づく事を見出した。

Sagalyn⁽¹⁶⁾らは700~15,000呎の間の伝導率、大イオン数、気温及び湿度を測定した。それによると、対流圏は電気的特性の異なる二つの層にはっきり分れる。第3図及び第4図は測定値の例である。交換層の高さHは季節



第3図 交換層附近の電気伝導率の垂直分布 (Sagalyn and Faucher による)
n: 測定した高度, H: 交換層の高さ,
 λ_m : hの高さの伝導率の実気値,
 λ_e : 宇宙線より求めた伝導率。



第4図 交換層附近の正の大イオン数の垂直分布 (Sagalyn and Faucher による)
h, H は前図と同じ。

によって変化し大体1000~10,000呎の間を上下し、平均の高さは6000呎である。天気状態によって伝導率 λ_m と大イオン数 N_+ の垂直分布の様相が異なるが、交換層上面を境として前者は急増し、後者は激減している事が図からよく分る。

また一方では、高山における気象電気諸要素の観測も行われている。Israel⁽¹⁷⁾らは Jungfrauoch (3472m) で電位傾度及び空地電流を測定し、それより得られた伝導率が夏と冬とは変化の様相が全く異なる。即ち、夏は明瞭な日変化を示し、秋になるとそれが顕著でなくなり、冬は全然日変化がない。また電位傾度と空地電流の日変化は平行していることから、冬は Jungfrauoch が海洋性の型（電氣的に）に支配されている事が分る。即ち交換層の高さがアルプスの峰まで達していない事を示すものである。

畠山ら⁽¹⁷⁾は富士山頂、5合5勺、太郎坊及び御殿場で電位傾度の測定を行い、太郎坊と御殿場は他の平地の観測結果と同じような変化を示すが、山頂と5合5勺は層間に電位傾度が増加する結果を得た。これは山谷風の影響によるものと考えられる。

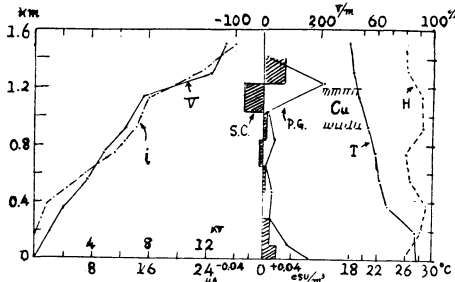
Pluvilage and Stahl⁽¹⁹⁾はグリーンランド探検の際、伝導率の測定を行ったが、3000mの高所の $\lambda + / \lambda -$ がもっと低い高さの処に比べて変動の著しい事を見出した。これは恐らく交換層の影響ではないかと考えられる。

以上述べたように測定技術の進歩と共に、対流圏内の気象電気現象の観測も多く行われるようになり、交換層との関連が大きく取り上げられて来た。又気象電気要素の垂直分布は気団との関連を有する事も明かで、応用面への発展も充分考えられる。我が国においても自由大気中の絶えざる観測の続行が望ましい。

§3 地表附近の気象電気現象

1890年代に Chauveau⁽²⁰⁾はエッフェル塔上で電位傾度を測定し、早朝に低く、午後が高い一日週期的変化を見出し、地上の観測値のような朝及び夕方に極大を有するものと異なる結果を得た。菊池⁽²¹⁾は柿岡構内とそれより100m高い丘の上との電位傾度の比較観測を行い、両者共朝夕の極大が現われるが、朝の極大は構内の方が顕著である事を見出した。

一方けい留気球を用いて下層大気中の観測を行う事もかなり盛んで、抜山ら⁽²²⁾は測定された索電位及び電流の値からある高さの電位を求める方法を見出し、畠山ら



第5図 下層大気中の空間電荷、積雲のある例（畠山、藤本による）
i: 索電流, V: 索電圧, P.G.: 電位傾度。
S.C.: 空間電荷, T: 気温, H: 湿度。

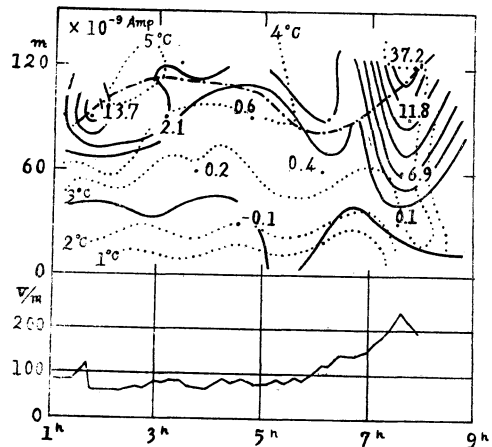
⁽²³⁾はこの方法を用いて、電位傾度及び空間電荷を求めた。その一例を第5図に示す。これによると、雲層又は煙霧層の附近に電氣的二重層が形成されている。北岡⁽²⁴⁾はこの時の索電流と気象との関係を述べている。

Herath⁽²⁵⁾はリンデンブルグ高層気象台で測定された索電流の資料を解析し、海洋性気団のときは単調な走向を示すが、上下に異った気塊の境界層では強い変動のある事を述べている。またChalmers⁽²⁶⁾及びDavis⁽²⁷⁾らはいけい留気球を用いて測定した尖端放電電流は風速に関係する事を述べている。

内川、近藤⁽²⁸⁾は主として晴夜、けい留気球を用いて、索電流、伝導率及び気象要素（乾球、湿球、風向、風速）の観測を行った。その結果、夜間の気温の接地性逆転の上部に索電流の最大値が現われ、これが地上の電場の最大値と対応している。気温の逆転の存在しないときは、伝導率の垂直分布は余り変化がないが、逆転の存在しているときは、その上部で伝導率が減少している。以上の事柄より逆転層の上部に正の空間電荷の存在が推定され、これが地上の電場の日変化に影響を及ぼす事を見出した。第6図は測定の一例である。

最近 Reiter⁽²⁹⁾⁽³⁰⁾は Zugspitze の山頂を中心として15km以内に6ヶ所の地点を選び、電位傾度及び垂直電流の同時測定を行った。気温の接地性逆転が存在しているとき、逆転層の上、その境界及び層内では夫々変化の様相が異なる。逆転層よりずっと上の高所では変動がないのに層内では著しい変動を示している。これは逆転層内に停滞している凝結核の有する空間電荷によるものである。

以上述べたように、地表附近では逆転層及び煙霧層が気象電気には及ぼす影響が非常に大きく、高気圧域内では



第6図 夜間における索電流垂直分布と接地性逆転との関係（内川、近藤による）

上図、実線は索電流の等値線、点線は等温線、鎖線は逆転層の高さを示す。

下図、地上の電位傾度。

特にその影響が著しい。従来静穏日として晴天の日の気象電気現象を取出して統計していたが、これは特別な場合で代表的なものとは云えない。

§5 結 論

成層圏より地表附近までの自由大気中の気象電気についての概観を述べたが、成層圏ではその下部に凝結核の存在の有無が問題となっており、今後の観測に期待する処が大きい。対流圏内では交換層が最近クローズアップされて来た。これが気象電気現象に及ぼす影響が頗る大きく、特に凝結核はこの分野のみならず、気象現象にも重要な役割を演じているが、伝導率、電位傾度或は大イオンを測定する事により核の変化を知る事が出来るので、応用面への利用も充分考えられる。地表附近の観測には色々の影響が入って代表的な値を求める事が難しい。今後は高山を含めた高層における絶えざる観測の続行が望ましい。終りに平素御指導を賜っている畠山気象研究所長、北岡高層課長に厚く御礼申し上げる。また御便宜を賜った北川信一郎氏に感謝する次第である。

文 献

- 1) Gerdien, H. (1905): Phys. Zs. Vol. 6, 800
- 2) Wigand, A. (1914): Terr. Mag. Vol. 19, 93
- 3) Gish, O. H. and K. L. Sherman (1936): Nation. Geog. Soc., Contrib. Tech. Papers, Stratosphere Ser., No. 2, 94
- 4) Holzer, R. E. and D. S. Saxon (1952): Journ. Geophys. Res. Vol. 57, 207
- 5) Idrac, P. (1928): Mémorial l'Office National Météorologique de France. Paris, Gauthier-Villars et Cie
- 6) McDonald, J. E. (1953): Trans. Amer. Geophys. Un., Vol. 34, 529
- 7) Stergis, C. G. *et al* (1955): Journ. Atmosph. Terr. Phys. Vol. 6, 233
- 8) Faucher, G. A. (1956): 1956年10月29日雷研究会において発表
- 9) Lautner, p. (1941): Gerl. Beitr. Geophys. Bd. 57, 357
- 10) Rossmann, F. (1950): Ber. D. Wetterd. US-Zone, Nr. 15
- 11) Dreisbach, K. (1956): Arch. Met. Geophys. Biokl. A. Bd. 9, H. 1, 36
- 12) Koenigsfeld, L. (1953): Byers, Thunderstorm Electricity, Chicago, 24
- 13) Venkiteshwaran, S. P. and B. B. Huddar (1956): Ind. Journ. Met. Geophys. Vol. 7, 61
- 14) Callahan, R. C. *et al* (1951): Journ. Geophys. Res. Vol. 56, 545
- 15) 青木敏男 (1948): 電気試験所い報 第9巻 第1~12号
- 16) Sagalyn, R. C. and G. A. Faucher (1954): Journ. Atmosph. Terr. Phys. Vol. 5, 253
- 17) Israël, H. *et al* (1955): Arch. Met. Geophys. Biokl. A Bd. 8, 72
- 18) 畠山久尚, 内川規一 (1951): Journ. Met. Soc. Japan, Vol. 29, 28
- 19) Pluvinaud, P. and P. Stahl (1953): Annales de Geophys. Vol. 9, 34
- 20) Chauveau, B. (1924): Électricité Atmosphérique, Paris, II, 105
- 21) 菊地繁雄 (1943): 柿岡地磁気観測所要報, 第4巻, 第2号, 17
- 22) 披山大三, 中田金市 (1928): 海と空, 第8巻, 117
- 23) 畠山久尚, 藤本成男 (1951): Geophys. Mag. Vol. 23, 15
- 24) 北岡竜海 (1947): 高層気象台い報, 第3巻, 第2号, 244
- 25) Herath, F. (1951): Ber. D. Wetterd. US-Zone, Nr. 22
- 26) Chalmers, J. A. (1955): Journ. Atmosph. Terr. Phys. Vol. 6, 149
- 27) Davis, R. and W. G. Standring (1947): Proc. Roy. Soc. Vol. 191, 304
- 28) 内川規一, 近藤五郎 (1955): Journ. Met. Soc. Japan, II, 33, 124
- 29) Reiter, R. (1955): Met. Rundschau, Jg. 8, Ht. 7/8, 127
- 30) Reiter, R. (1955): Met. Rundschau, Jg. 8, Ht. 9/10, 148

日本気象学会創立75周年記念事業資金寄附者名簿 (9)

昭和32年5月12日から6月8日までに御寄附を頂いた方々(到着順)は次のとおりです。なお これをもって申込領収証に代えさせていただきます。もし掲載漏れの方がありましたら至急御連絡下さい。

118	関根 勇 八	6口
119	中谷 克 巳	10口
120	今 道 周 一	11口
	小計	27口
	総計	1,238口

1957年6月