豊原にて観測せる空間電荷に就いて (第一報)*

島 山 久 尙, 星 爲 藏

I. 緒 言

空中電位差の測定は可なり澤山の観測所で長期間に亙る観測結果が集積せられつゝあるが、その變化の形は場所により可なり異なる場合があり、又海洋の上と陸地とでも異なり、これ等を總て説明し盡す様な一般的な理論はまだ現はれて居らない。一方空間電荷は空中電位差に對して非常に大きな關係をもつて居るに拘はらず、この方の観測は餘り數多くなく、殊に空中電位差と平行した長期間に亙る観測結果は少ない。⁽¹⁾

空間電荷と空中電位差の平行した観測があると (これに加へて大氣傳導度の観測があれば更に面白いが)、兩者の變化を比較して高い所の電氣的状態を知る手掛りとなる。即ち空間電荷が大きき空中電位差が大きき時は先づ問題とならないが、空間電荷が小さいに拘はらず空中電位差が大きき時は高い所に帶電層が出来て居るのではないかと云ふ事が想像される。雷雲はこの一例であるが、リンケ (F. Linke), ブラウン (J. G. Brown) 等の主張する眼に見えない帶電した高い霧層の存在にも空間電荷の観測は大きな役割をもつのである。

豊原地磁氣観測所に於ても空間電荷の観測を實行することは極年當初からの希望であつたが、諸種の事情のため準備に手間どり、自記観測を開始したのは昭和 8 年 10 月初旬となつた。今略ぼ 1 年間の記録が纏まつたからこゝにその概略を報告し、更に詳細なる調査は第二報以下に述べることにする。

II. 観 測 の 方 法

空間電荷の観測するには色々な方法がある。⁽²⁾ 即ち (1) 地面からの高さによる空中電位差の變化を測る。 (2) 接地した閉ぢた金網籠を自由に吹き抜ける空氣中に置いて、その中心の電位を測る。 (3) 絶縁した管の中に steel-wool 等を詰め、この中に空氣を吸ひこんで管の電位の變化を測る。 (4) 正イオン、負イオンを通風装置で測定しその差を求める等の方法があるが、何れも一長一短がある。

我々の場合は色々の事情を考慮して第二法即ち金網籠を用ひる方法による事とした。此の方法は割合簡單で殊に自記観測には都合がいゝのであるが、一方接觸電位差の影響を注意せねばならぬ。

*H. Hatakeyama, and T. Hosi: Observations of the Space-charge Electricity made at Toyohara, S. Karahuto. (First Report) 中央氣象臺彙報.

(1) J. G. Brown: Terr. Mag. Vol. 35, p. 1 (1930), Vol. 38, p. 161 (1933) には空間電荷の在來の観測結果その他に關し可なり詳しい記載がある。又 I. Hohnfeld: Zeit. Geophys. Bd. 8, s. 89 (1932) には空中電位差、空間電荷、表面電荷の平行観測に就いて記してある。

(2) K. Kähler: Einführung in die atm. Elektrizität. s. 159.

金網籠は相當大きなものを使ふとしても、空氣中の電荷によるその中心の電位の高まりはボルトの小數に止るのが普通であるから、いゝ加減の材料を用ひたのでは、この影響を十分嚴重に検査して、常にこれから来る差を測定値から差引く様なことをせねばならぬ。我々の場合は金網もコレクターも、コレクターと電位計を連ねる線も、接地線も、總べて眞鍮を用ひてこの影響を出来るだけ小さくするのに努めた。⁽¹⁾

金網は球形のものとし直径は 1.192 米（七ヶ所の平均）で中心の高さは 1.5 米とした。針金は太さ 1 耗のものを用ひ、目の大きさは一辺約 1 厘の龜甲形のものである。この中心に絶縁した眞鍮線で支へられたコレクター（ラヂオトリウムを塗布す）を置き、その針金の一端はコムプトン型象限電位計（理研製）の一對の象限に連ねた（第 1 圖、第 2 圖参照）。電位計はさほど感度の高い必要はなく、1 ボルトに對し數十耗の 偏れで十分である。導線のシールドイングには トタン板を用ひた。金網球は眞鍮線により接地し、金網球の上には接地したトタン板で簡単な屋根を作つた。これは金網球が自然電場中に露出して居るために

起こる影響を除くためである。一時間毎に約三分間宛時計を通ずる電流によつて電磁石を働かせこれによつて電位計に連る導線を接地し、記象紙上に電位計の零

第 1 圖

第 2 圖

第 3 圖

(1) H. Benndorf: Phys. Zeit. Bd. 27, s. 576 (1926). W. Ende: Phys. Zeit. Bd. 30, s. 477 (1929).

點を記す様にした。これ等に用ふる針金は皆眞鍮線としたことは云ふまでもない。

球の半径を R とすると、この球が一様な空間密度 ρ の電荷で満されて居る時、その中心に於ける電位は⁽¹⁾

$$V = \frac{2}{3} \pi \rho R^2,$$

即ち

$$\rho = \frac{2}{3} \frac{V}{\pi R^2}$$

我々の場合は $R=59.6 \text{ cm}$ であるから

$$\rho = 0.45 V \quad \text{e. s. u./m}^3$$

こゝに V にはボルトを單位にした時の數を入れればよい。

III. 観測の結果

昭和 9 年 1 月 1 日より同 12 月 31 日迄の記録によつて調査して次の結果を得た。

第 4 圖 冬 1934 Dec. 6th 9h 34m—7th 9h 36m

夏 1934 July 4th 9h 19m—5th 9h 34m

第 5 圖

第 6 圖

(1) K. Kähler: Einführung in die atm. Elektrizität. s. 165.

表 1

時	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	日平均
電位差	0.1730	0.1720	0.3530	0.2120	0.3880	0.4110	0.4530	0.4850	0.4640	0.1460	0.1120	0.0750	0.0600	0.0830	0.0900	0.0880	0.1250	0.1530	0.2960	0.1760	0.3180	0.1880	0.4560	0.3030	0.241
電	0.2570	0.2470	0.2660	0.3370	0.1750	0.2020	0.1750	0.0660	0.0780	0.0700	0.0710	0.0470	0.0580	0.0550	0.0600	0.0700	0.0650	0.0770	0.1050	0.1520	0.1610	0.2560	0.2100	0.2490	0.144
間	0.2100	0.1750	0.1510	0.1340	0.1570	0.1050	0.0770	0.0380	0.0260	0.0410	0.0400	0.0360	0.0350	0.0360	0.0330	0.0380	0.0550	0.0620	0.1230	0.1310	0.1510	0.1780	0.2070	0.1730	0.101
電	0.2850	0.2950	0.3390	0.3350	0.2460	0.1790	0.0830	0.0580	0.0540	0.0750	0.0610	0.0600	0.0540	0.0530	0.0580	0.0560	0.0590	0.1090	0.1510	0.1800	0.2250	0.2970	0.2920	0.2700	0.161
荷	0.2700	0.2680	0.2570	0.2600	0.1850	0.1570	0.0890	0.0830	0.0880	0.0840	0.0550	0.0610	0.0600	0.0550	0.0530	0.0640	0.1220	0.1280	0.1760	0.1850	0.2390	0.2460	0.2540	0.2580	0.151
年	0.1890	0.1970	0.1650	0.1730	0.1740	0.1030	0.1270	0.0990	0.0750	0.0810	0.0770	0.0690	0.0620	0.0650	0.0780	0.0880	0.0910	0.1390	0.1590	0.1670	0.1340	0.1360	0.1710	0.1400	0.124
平均	0.2390	0.1980	0.2340	0.2000	0.1840	0.1690	0.1540	0.1610	0.1430	0.1310	0.1170	0.1150	0.1150	0.1250	0.1270	0.1220	0.1650	0.1740	0.2030	0.2050	0.1850	0.2010	0.1950	0.1720	0.168
	0.1670	0.1830	0.1730	0.1580	0.1760	0.1660	0.1500	0.1230	0.1190	0.1100	0.1090	0.1070	0.1120	0.1130	0.1280	0.1290	0.1370	0.1630	0.1430	0.1390	0.1500	0.1690	0.1790	0.1670	0.145
	0.2450	0.2080	0.2200	0.2010	0.2070	0.1970	0.2130	0.2030	0.2170	0.1770	0.1460	0.1460	0.1350	0.1540	0.1770	0.1890	0.1810	0.1900	0.2040	0.2130	0.1930	0.1980	0.2140	0.2210	0.194
	0.2660	0.2320	0.2770	0.2710	0.2850	0.3350	0.2900	0.2780	0.2420	0.2130	0.1690	0.1670	0.1940	0.1780	0.2100	0.2260	0.2380	0.2960	0.2520	0.2560	0.2900	0.2220	0.2370	0.2230	0.243
年平均	0.2290	0.2170	0.2440	0.2280	0.2180	0.2020	0.1750	0.1590	0.1490	0.1100	0.0960	0.0880	0.0860	0.0920	0.1010	0.1070	0.1280	0.1400	0.1810	0.1800	0.2050	0.2110	0.2430	0.2180	0.167
電位差	126	121	121	126	138	173	193	188	180	143	132	116	107	110	124	134	136	134	141	132	124	123	130	135	137
年平均																									M

(1) 空間電荷の年平均値及び年變化 空間電荷の年變化は第1表の最終列に示す通りで、これを第3圖に示す。

年平均値は $0.167 \text{ E.S.U. m}^{-3}$ となつた。1月及3月は降雪等の擾亂のために静穏な日が少なかつた事と測定室の支障で観測を一時中絶したため平均値がとれなかつた。第3圖の中3月の値は昭和10年のものを代入して點線で結んである。

これをみるに一般的の傾向としては冬季に大きく夏季に小さいのがみられる。諸外國に於ける観測結果も同様である。第3圖にはケーラーがボツダムで得た観測値をも記入してあるが大體に於て同じ傾向である。年平均値は測定の方法によつて系統的の誤差が入り易いといふ様な事もあつて、各地に於ける測定結果はかなり散らばつてボツダム(ケーラーによる、但し第3圖に記入したものは期間が異なる)に於ける $+0.67$ から Bad Aibling(ダウングラーによる)に於ける -0.58 と云ふ様な値までである。⁽¹⁾

第7圖

(1) Terr. Mag. vol. 35, p. 2.

(2) 日変化 空間電荷の日変化は降雨, 降雪, 霧等の爲めにおこる擾亂を除けば極めて明瞭で, 日中に極小, 夜半極大になる. 割合短い週期をもつた振動は日中は著しくなく, 夜間に著しい. 又これに反し夏季夜半の極大の状態が全然短週期の振動なしに朝迄持続することもある. 第 4 圖に夏季及び冬季の代表的な空中電氣的に靜穩な日の記象の寫しを示す.

短い週期振動は風の變化と相應じて居るもので, 日中は風の變化が著しいから, 空間電荷の振動も極く短い週期で起り一方空氣の混合が著しいから觀測地點附近の空氣の空中電氣的の状態が割合一様になつて, その結果記象の上では平均状態が比較的明瞭に示される. 夜間はこれに反し觀測地點附近の空氣の一様さが失はれ, 僅かの風の變化で局部的な氣塊の交代が起り, 空間電荷のみならず空中電位差にも相應する比較的長週期の振動が現はれる事が多い.

第 2 表

時 月	2h		6h		10h		14h		18h		22h	
	溫度	風速	溫度	風速	溫度	風速	溫度	風速	溫度	風速	溫度	風速
		m/s		m/s		m/s		m/s		m/s		m/s
II	87.3°	3.8	84.7°	1.4	91.6°	0.9	94.2°	3.5	93.0°	2.0	85.8°	2.4
IV	98.2	0.8	99.3	0.8	4.7	4.7	6.0	5.2	3.7	3.5	99.7	1.3
V	1.0	1.8	3.3	2.6	9.4	3.3	11.8	4.6	7.2	3.9	2.7	1.5
VI	8.2	2.2	9.9	1.5	17.3	2.1	20.5	4.1	16.5	4.1	10.8	1.3
VII	11.7	1.8	12.3	1.3	18.0	2.7	19.3	3.9	16.9	2.5	13.1	1.3
VIII	9.7	1.1	11.4	0.6	22.2	2.0	25.3	4.2	20.2	2.3	13.1	1.9
IX	8.6	1.5	8.5	1.0	16.5	2.8	17.5	3.7	13.2	4.2	11.6	1.2
X	2.7	1.6	3.2	1.6	10.7	3.8	12.6	4.9	6.4	2.2	4.6	2.1
XI	97.7	1.5	96.8	1.9	1.2	2.2	2.5	3.3	99.7	2.4	98.6	1.9
XII	89.9	0.8	88.6	1.4	92.8	2.0	95.3	4.0	92.1	2.6	90.7	2.1

日變化の毎月の狀況は第 1 表に示した通りで, これを圖示すれば第 5 圖のようになる. 第 1 表の最下行には比較のため昭和 9 年中の空中電位差の年平均をも記入しておいた. これを圖示したものが第 6 圖である.

空間電荷の日變化の方は 13 時頃に對して略對稱な形となつて居るが, 空中電位差の方は朝に第一極大, 夕方に第二極大があり, 夜半頃にも小さな極大が現はれて居る. 13 時頃に極小がある點は空間電荷と一致して居る. これは空中電位差が空間電荷のみによらず, 地表の表面電荷にも關係するため, 後者は結局高い所の空間電荷の状態を示すものとみられるのである. ブラウンがカリフォルニアのスタンフォード大學でやつた日變化の形は豊原とは違つて朝 8 時頃に小さな極大が出て居る.⁽¹⁾

(3) 溫度, 風速との關係 第 2 表に各月の空間電荷の日變化の平均を出すに用ひた日の溫度及風速の六回觀測の結果を表示した. この中 8 月の値を圖示すれば第 7 圖のようになる. この圖でも明かな様に溫度が昇り風速が増して來ると空間電荷が減少して來る. 氣溫の上昇と共に氣層の上下

(1) Terr. Mag. Vol. 38, p. 164.

に對流が行はれて地面附近の空間電荷が減少すると云ふ事は多くの學者によつて考へられて居る所である。

(4) 雨雪による擾亂の一例 以上は擾亂のない日の概況であるが、降雨、降雪、吹雪等の場合

第 8 圖 (A) 1934 July 2nd

第 9 圖 (A) 1934 Nov. 28th

は複雑な變化をして居る。第 8 圖 A 及び第 9 圖 A に降雨及降雪の際の空間電荷の變化の一例を示し、第 8 圖

B 及び第 9 圖 B にはこれに對應する空中電位差の變化を示した。第 8 圖は昭和 9 年 7 月 2 日の降雨で兩者共に負の方向に主として偏り、第 9 圖は同 11 月 28 日の降雪で此の際は兩者共に正の方向に變化した。これは兩者の變化の酷似するものゝ一例で、細部まで殆ど相應じた變化が認められるが、兩者の中一方に相當の變化があるに拘はらず他方には殆ど變化が認められいな事もいくらかある。これ等の點は更に將來詳しく研究される筈である。

(昭和 10 年 9 月、豐原地磁氣觀測所にて)