

鉛直地電位傾度に及ぼす地表面温度及び降水の影響

埋 學 士 南 葉 宗 利

摘 要

地電位傾度變化の水平分値と鉛直分値を比較してみると水平分値に無關係な殘差が出る。之が原因の一つとみらるる地表面温度の日變化と比較するとかなりよく一致した位相を示してゐる。

依つて上壤柱に於ける室内實驗を試みた。

- 1) 地表面温度の變化は鉛直地電位傾度の變化を誘引し温度上昇は U_p の變化を伴ふ。
註。“ U_p の變化”とは鉛直地電位變化に於て上位電極の地電位の上昇を意味するのである。
- 2) 地表面に降水ある時は鉛直地電位傾度の變化を誘引し“ U_p の變化”を起す。
- 3) 此等の地電位現象の起る機構は地殼の極めて上層に於ける電氣滲透の結果であると解するのが最も好都合であるとの結論に達した。

§ 1 緒 言

太陽熱が異種土壤に作用して熱電流を發生させる事を信じ地磁氣の日變化を吟味しやうとしたのは Bachmetjew⁽¹⁾ 及び S. H. Christie⁽²⁾ であつた。cable meridian に太陽が入る時には地電位に變化を起すが晝と夜とで様子が異ふ事を認めたのは Graves⁽³⁾ であつた。

山腹上向地電流が山頂の天氣に依つて變化する事を知つたのは Dickson⁽⁴⁾ や Walker⁽⁵⁾ がある。鉛直地電位傾度の研究が開始されて最初に注意されたのは兩電極の温度差に依る影

(1) P. Bachmetjew:— Der gegenwärtige Stand der Frage über elektrische Erdströme. Mém. Acad. Sci., St. Pétersbourg, 12 (1901) 1—58.

(2) S. H. Christie:— Theory of the diurnal Variation of the needle. Phil. Trans., 1827, p. 308.

(3) J. Graves:— Earth Currents on the Atlantic cable Jour. Soc. Tel. Eng., 2 (1873) 102—123.

(4) Dickson, H. N.:— Earth Currents in the Ben Nevis observatory Telegraph Cable: Proc. R. Soc. Edinburg, 8 (1885) 530—536.

(5) Walker, E. O.:— Earth currents in India: Journ. Soc. Tel. Eng. 12 (1883) 38—40; 163—164; 17 (1888) 239—248; 22 (1893) 214—225.

The Electrician (London), 49 (1902) 833—834.

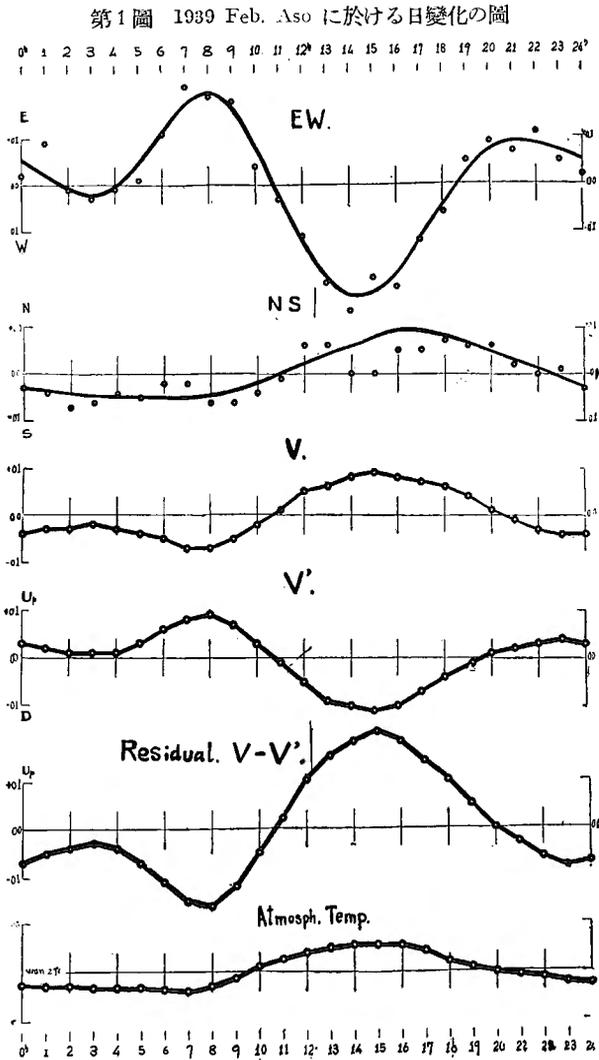
響であつて S. T. Mauchly⁽⁶⁾ に依つて相當精密に調査された。ついで S. E. Forbush⁽⁷⁾ は南米 Huancayo に於て地磁氣の水平分力と鉛直地電位傾度の變化を比較した際に大氣の温度變化と略同じ位相をもてる鉛直地電位傾度の殘差を得た。彼は此殘差の原因として電極の温度が氣温の變化に依つて直接影響されると説明しやうとしてゐる。

しかし彼の使用した兩極も 1 米半も深く地中に埋設したと云つてゐる所をみると氣温日變化が兩電極の温度を直接變化すると考へるのは如何かと思はれるのである。

§ 2 水平地電位及鉛直地電位の日變化

筆者は普通方式に依る鉛直地電位傾度變化の觀測を本年初めから施行してゐる。電極間は 20 米の鉛直距離をもつてゐる。上位置の電極は地表面から 2 米深に埋設 下位置の電極も井戸の底から 2 米底に埋設してゐる。水平地電位傾度變化との一般的性狀の比較を試みて以下記述の如き結果になつた。

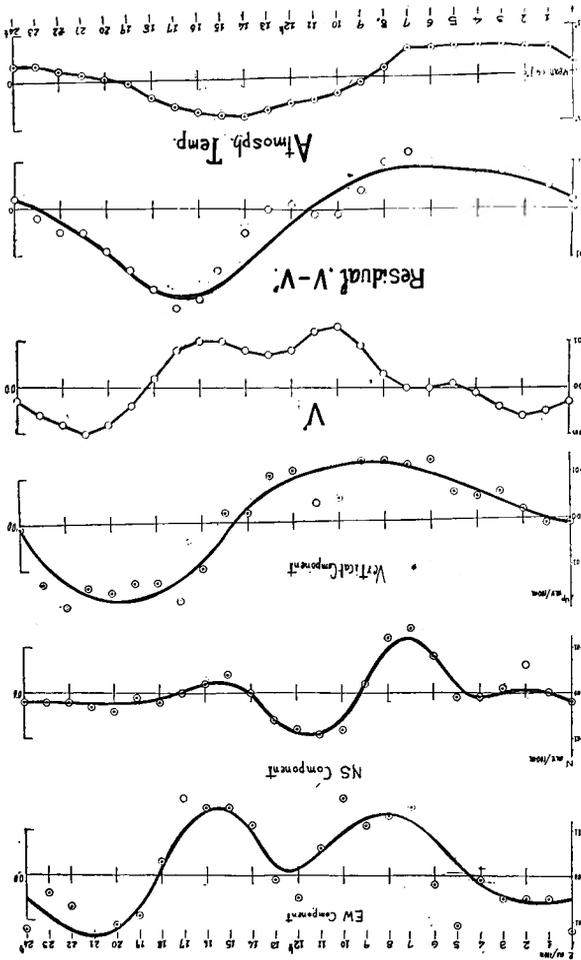
昭和 14 年 2 月中の 20 日間



(6) S. T. Mauchly:— A Study of Pressure and Temperature Effects in Earth-Current Measurements Terr. Mag. **23** (1918) 73—91.

(7) S. E. Forbush:— Apparent Vertical Earth-Current Variations at the Huancayo Magnetic observatory:— Terr. Mag. **38** (1933) No. 1.

第2圖 1939 May Aso の日變化の圖



の平均日變化を第1表及第1圖に示した。次に同年5月の上旬8日間の平均日變化を第2表及第2圖に示し、又南米 Huancayo に於ける 1931年7, 8月中の17日間の平均日變化を第3表及び第4圖に示して置いた。

其等のクベトル圖を第3圖(B)に示して置いた。

地電位傾度變化の實際の記象は第5圖(A)に示して置いた。之は EW 分値と鉛直分値を同じ記象紙上に自記せしめたものである。第5圖の記象結果から大體の模様が推察出来る事であるが、當阿蘇研究所構内に於ては鉛直分値が Up の變化をする時は水平分値は E 及び S に變化し Down

の時には W 及び N に變化してゐる事實が存在する事を知る事が出来やう〔但し此期間内のことである事は記憶せらるべき事である〕。Huancayo に於ては之と逆であつたと Forbush が報告してゐる。阿蘇に於ても6月に入ると漸次逆になりつつある事は注目に値する事柄である(第3圖(B)参照)。

扱てかゝる變化の原因は何であらうとも上記の事實からして水平分値及鉛直分値の變化には直線的相關が存在するものと假定するならば各表の (EW--NS) 欄の値は鉛直分値と直線的相關關係がある筈である。依つて絶対値の比をとると平均 2.9 となる。即ち水平分値の $\frac{1}{2.9}$ 倍が之と直線關係に於て變化する鉛直分値の變化であるべき筈である。之を V'

とおくと $(V-V')$ は鉛直地電位傾度の變化の内水平分値の變化に無關係な殘差を示すものである。

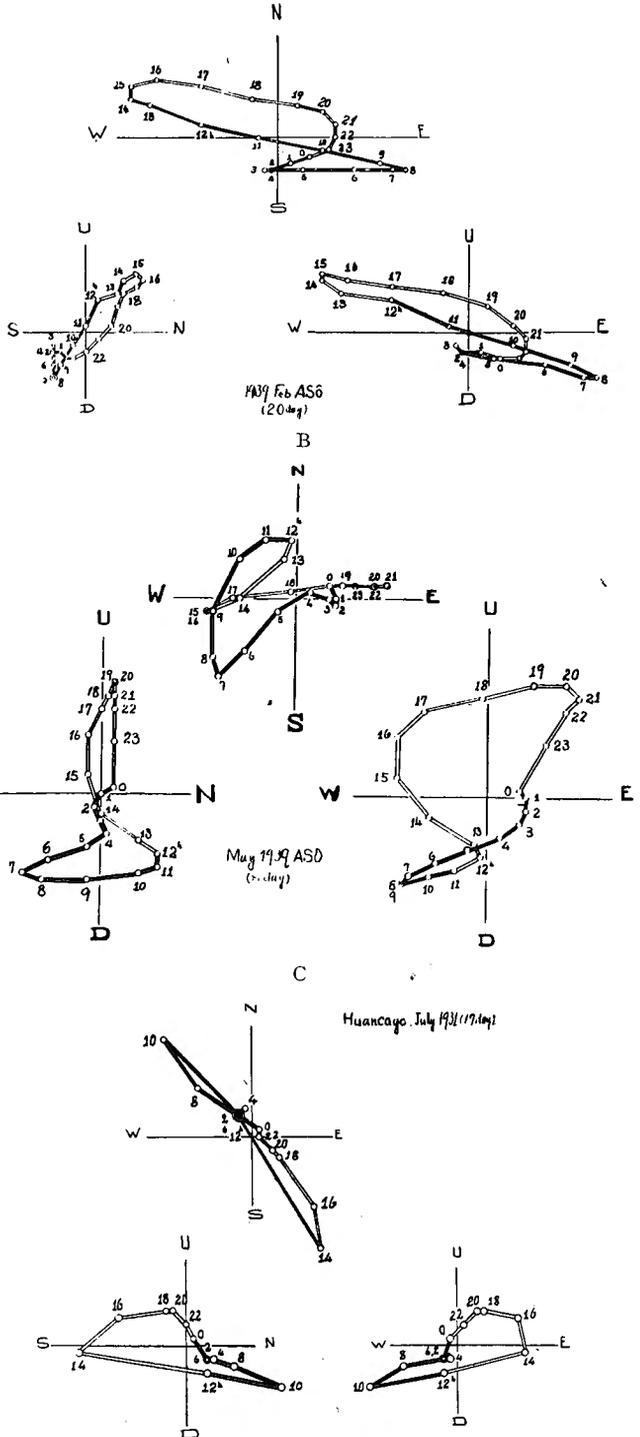
か様な殘差の原因は多種ありうると想像されるのであるが本報告に於いては先づ地表温度に依る部分のみを考究しやうと思ふのである。

§3 土壤柱に依る實驗の結果

高さ2米半、1米角の木箱を作り内面をアスファルトでよく塗布し絶縁をよくする。此箱内に新しく掘出した土壤を出来る丈密につめ込む。上端面の下60 釐に上部電極を挿入し更にそれより1米下方に下部電極を挿入して少くとも一ヶ月以上温度變化少なき室に放置の後實驗に着手する。

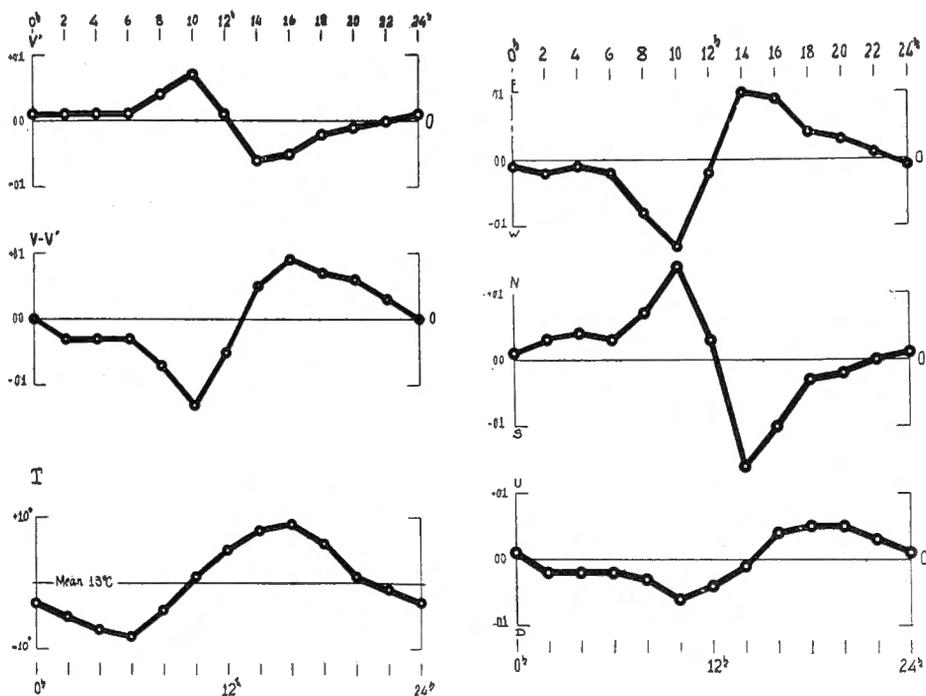
先づバイタライトランプ又は他の照明燈で上端土壤面を遠方照射をな

第 3 圖 A

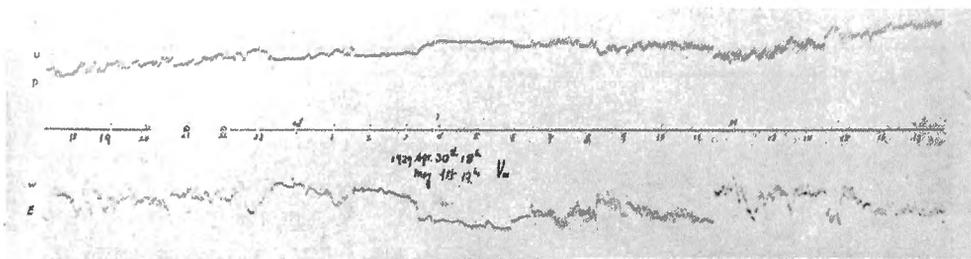


鉛直地電位傾度に及ぼす地表面温度及び降水の影響

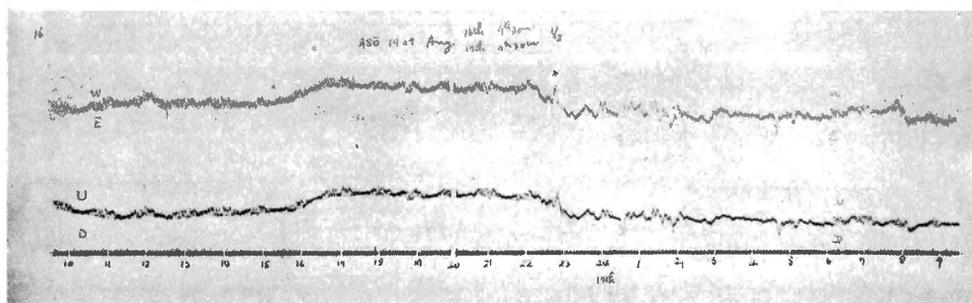
第4圖 1931 July Huancayoに於ける日變化の圖 (Forbush による)



第5圖(A) EW, V Components を同時記録せしめたるもの (五月)



第5圖(B) (E.W.)(V) 各分値を同時記録せしもの (八月)

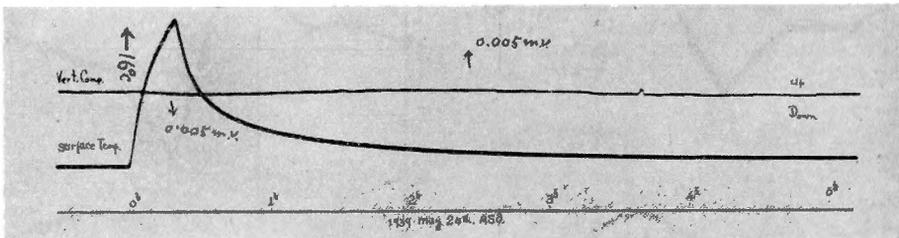


し、之に依る影響を鉛直地電位差及地表面温度の同時記録に依つて測定を施行する。

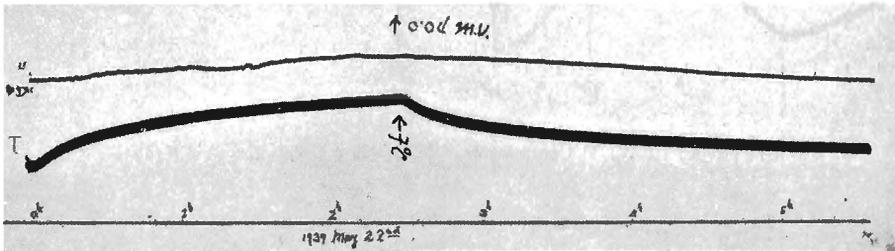
實驗の結果は第6圖にも示したのであるが

- 1) 地表面を短時間急照射すると、鉛直地電位差は先づ Down となり後 Up に轉じ更に徐々に元に復する(第6圖A)。
- 2) 地表面を長時間緩照射すると鉛直地電位差は最初から Up となり地表面温度と殆んど同位相で回復する(第6圖B)。

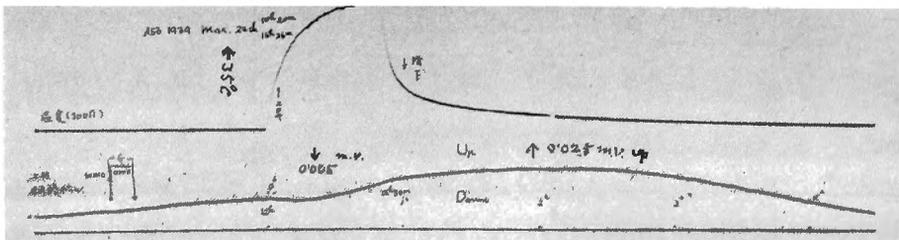
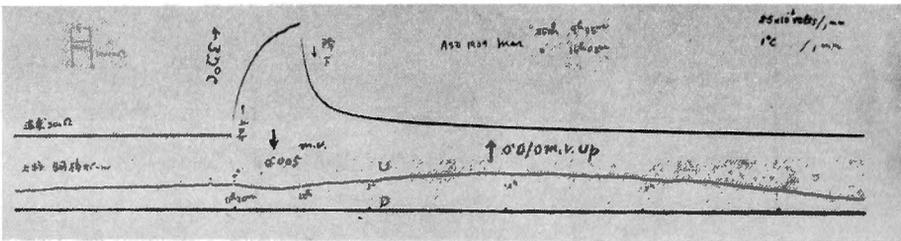
第6圖A (急照射)



第6圖B (緩照射)

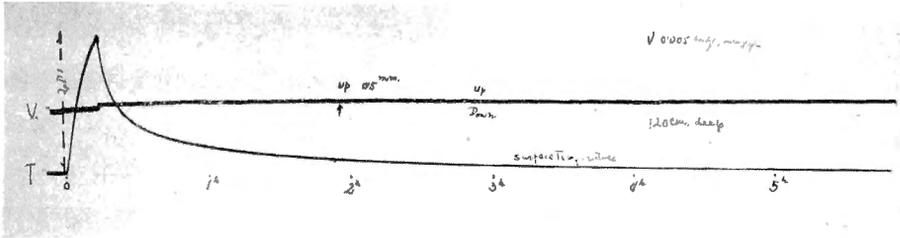


第6圖C 感度増大して各相を明かにしたもの

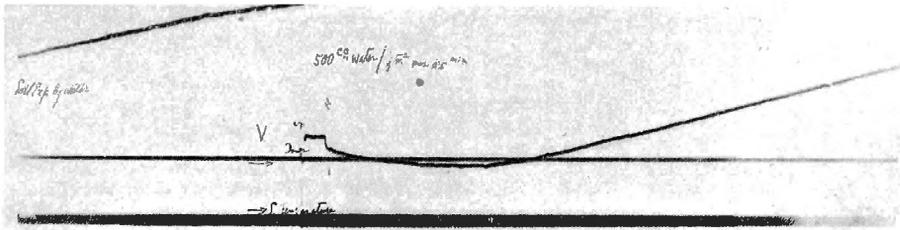


- 3) 地表面下 120 ㎝の所に上部電極を挿入して実験したら以上の影響が著しく少くなった(第7圖)。
- 4) 地表面温度と同じ温度の水を如雨露に依つて表面に一様に撒布する場合、短時間に急に撒水すると Down に急降下し後徐々に Up に轉じ後更に徐々に恢復する(第8圖A)。緩かに撒水すると急降下の部分が無くなる(第8圖B)。

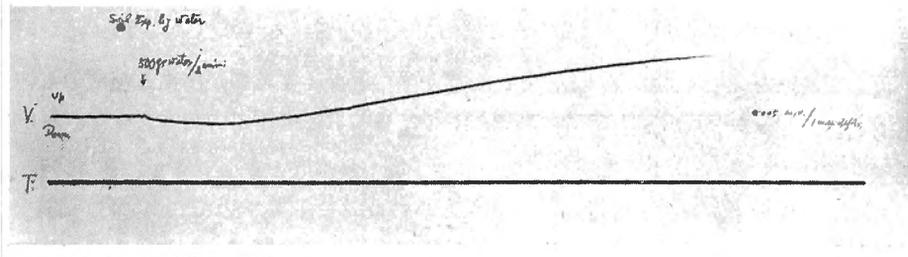
第7圖 上電極を地表面下 120 cm に置く場合



第8圖A 500gr の水を 0.5 分間に一平方米の地面に撒布すると Down に急變の部分を生ず



第8圖B 500gr の水を 2分間に一平方米の地面に撒布すると急降下 (Down) の部分が無くなる



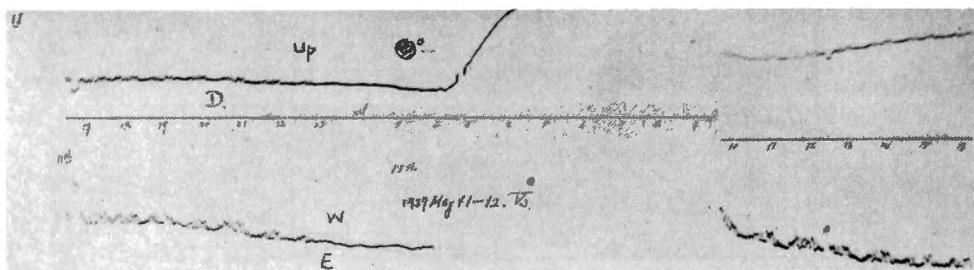
以上の諸実験につき一例を挙げると、

世分周照射で最高地表温度 16°C になる割で照射すると先づ 0.005 m.v. Down となり後に 0.005 m.v. 程度の Up の変化を生ずる(第6圖A)。2 時間半で最高 7°C となる位の早さで照射すると 0.04 m.v. Up の変化となつた(第6圖B)。第6圖Cは感度を増大して急照射の場合の変化を明瞭にしたものである。次に 500 gr の水を 1 分間に 1 平方米の地表面に撒布した即ち 1 時間30分の降水量に相當する速さ(即ち一日夜 720 m.m. の降水量)で撒布

したら 0.01 m.v. の急降下 (Down) を生じ約 1 時間後には 0.02 m.v. Down となり更に徐々に Up に變じ約 10 時間後に最高 0.15 m.v. (Up) となり約 30 時間後に恢復した。第 8 圖は此と同様の實驗記録である(表面温度は不變であるを注意すべきである)。

以上の結果からして假りに自然の土壤と室内實驗に使用した土壤柱の條件が略同じものとする事が出来る。すると、日變化 16°C 前後の地表面温度の較差ある緩變化がある場合には 0.12 m.v. 位の程度の鉛直地電位の變化が生起し、しかも地表面温度と略同じ位相で起る事の可能性を認めねばならぬと云ふ結論に到達するのである。更に降水に依つては相當の大雨に於ては鉛直地電位差は先づ Down に變じしかる後 Up に相當量の變化を發生する事が期待出来る事を知つたのである。一例を第 9 圖に示した。

第 9 圖 降雨に依つて結局 Up に變化するを示す



さて電極を深くして 120 cm にすると變化量が減少する事からみて、相當に深く埋設した電極に依つて觀測される場合は日變化も相當に影響を減じうる事を期待出来る。ともあれ所謂鉛直地電位傾度は地表面温度及降水に依つて變化を受けるものである事は確かである。而して電極を 2 米も深くすると、その影響をずつと少くする事が出来る程度のものであるらしい。

§ 4

前述の實驗に依つて日射及降水現象は、地電位傾度變化の一原因となりうる事を知つたのであるが、之を定性的に要約すると緩日射及緩降水は正地電位源となると云ふ事が出来る。かゝる現象の起因する機構を知るために種々の觀測結果を對照して見やう。

1) 1939年5月12日朝の降雨に依つて受けた地電位傾度の變化は、結局 Up と E への變化になつてゐる(第 9 圖参照)。

2) Ben Nevis Observatory に於て山頂と山麓間の地電位差を觀測した結果に依ると“山

(8) Dickson, H. N.:— 前出。

頂が常に fog に掩はれてゐる時に瞬時山頂が晴れると地電流は cable に沿うて flow up するが fog に再び掩はれると止む。降雨及び降雪があると地電流は flow down する。”

3) Vesuvius に於て Palmieri⁽⁹⁾ の観測する所に依ると晴天の日は flow up してゐるが降雨降雪の時は flow down する。”

4) Open land⁽¹⁰⁾ から forest に流入してゐる。

之等の観測事實は吾人の實驗結果と全く一致してゐるものである。蛇足乍ら説明を加へるならば吾人の既に調査せる如く特別の事情なき限り山頂に向ふ上向地電流が存在してゐる。しかるに今降水ある時は Up の地電位傾度が起生する筈である事は吾人の實驗で明かである。故に cable に沿ひて flow down するは當然である。前記 Ren Nevis に於て fog が晴れると flow up するは常の上向地電流が現れたのであつて日射のために出来たのではないと解すべきであらう。open land から forest に流入するは日射をうけ易い部分が正地電位源となると解すれば理解出来ると思ふ。

然らばかゝる現象は如何なる理由に依るものであらうか、筆者は次の如き見解を提示せんとするものである。

地表面温度が上昇すると表面層は膨脹する。そのためその次の下の層では colloidal particles の上方移動のため所謂泳動電流の現象を起すものと考へられる。従つて之により近き上部電極は電位上昇を起す。もし地表面下深く埋設せばそのうくる變化減少すべきである。更に地表温度の上昇が極めて急激なる場合は地表上層の膨脹急激なるため下壓を生じうべし。かゝる場合は上部電極は地電位下降を生じうる理である。

降水の場合は水分の滲透作用に依り上層は流動電位を生じ上部電極は電位上昇を來すべきである。而して水分の滲透が深層に達する時は漸次上昇量大となり、更に進んで滲透する場合は上位電極の面をすぎると下位電極の方が却つて地電位上昇となりうべし。實際問題としてはかゝる深所にまで滲透するには非常な時間を要するが故に日常には観測せられて

(9) L. Palmieri:— Observations on Earth-Currents at the Vesuvius Observatory, etc. Atti, Acad. Napoli, 1894, VI, 2a No. 12, pp. 1—10; 1895, VII, 2a No. 6, pp. 1—9.

(10) J. E. Burbank:— Earth currents and a proposed Method for their Investigation: Terr. Mag. Vol. 10, 1905, 23—49.

(11) M. Namba:— An Investigation of Earth Currents on the Valcano Aso Part. I. The Potential Difference of the Upward Earth-current flowing toward the top of a Volcano. Mem. of the College of Sci. Kyoto Imp. Univ, Series A. Vol. XXI, No. 6, 1938.

鉛直地電位傾度に及ぼす地表温度及び降水の影響

るないであらう。而して單に降水の場合には地電位上昇の部分のみ特に目立つものと思はれる。降水量あまり急激なる場合はその重量による地電位下降現象の先づ現はれること可能である。(此實例は今後の報告に載する豫定である)。以上の見解に依れば前記の諸種の觀測結果も満足し得られ實驗の結果も全く解決し得ることを知るのである。果してしからば日射及び降水は地電位變化の一原因となりうると言うた事もかゝる意味に於いて正しいと云はねばならない。而して本報文最初に得た鉛直地電位傾度變化の日變化に於ける殘差もまさしくかゝる意味に於いて存在しうるものである事を知つた事になる。但し地表温度變化の影響は實驗により適當なる數値を發見する事は不可能であつて多數の實際觀測の結果の整理に待つべきものである。

本稿を終るにあたり野滿所長の御懇切なる御指導をうけ學術振興會の援助補助に依つて本報文を提出出来たる事を記し感謝の意を表する次第である。

第 1 表 Earth-Current in Feb. 1939. Asô.

	$E_w \frac{mv}{100m}$	$N_s \frac{mv}{100m}$	$V_1 \frac{mv}{100m}$	$E_w - N_s$	$\frac{E_s - N_s}{V_1}$	$\frac{E_w - N_s - V_1'}{2.9}$	$V_1 - V_1'$	T
0 時	0.05	-0.03	-0.04	0.08	2.0	0.03	-0.07	-1.3
1 時	0.02	-0.04	-0.03	0.06	2.0	0.02	-0.05	-1.5
2 時	-0.01	-0.05	-0.03	0.04	1.3	0.01	-0.04	-1.5
3 時	-0.02	-0.05	-0.02	-0.03	1.5	0.01	-0.03	-1.6
4 時	-0.01	-0.05	-0.03	0.04	1.3	0.01	-0.04	-1.7
5 時	0.04	-0.05	-0.04	0.09	2.3	0.03	-0.07	-1.7
6 時	0.12	-0.05	-0.05	0.17	3.4	0.06	-0.11	-1.9
7 時	0.18	-0.05	-0.07	0.23	3.3	0.08	-0.15	-2.0
8 時	0.20	-0.05	-0.07	0.25	3.6	0.09	-0.16	-1.5
9 時	0.16	-0.04	-0.05	0.20	4.0	0.07	-0.12	-0.7
10 時	0.07	-0.02	-0.02	0.09	4.5	0.03	-0.05	0.5
11 時	-0.03	0.00	0.01	-0.03	3.0	-0.01	0.02	1.2
12 時	-0.12	0.02	0.05	-0.14	2.8	-0.05	0.10	1.9
13 時	-0.20	0.05	0.06	-0.25	4.2	-0.09	0.15	2.4
14 時	-0.23	0.06	0.08	-0.29	3.6	-0.10	0.18	2.7
15 時	-0.23	0.03	0.09	-0.31	3.4	-0.11	0.20	2.7
16 時	-0.19	0.09	0.08	-0.28	3.5	-0.10	0.18	2.7
17 時	-0.12	0.08	0.07	-0.20	2.6	-0.07	0.14	2.1
18 時	-0.04	0.06	0.06	-0.10	1.7	-0.04	0.10	1.0
19 時	0.03	0.05	0.04	-0.02	0.5	-0.01	0.05	0.4
20 時	0.07	0.04	0.01	0.02	3.0	0.01	0.00	-0.1
21 時	0.09	0.02	-0.01	0.03	7.0	0.02	-0.03	-0.4
22 時	0.09	0.00	-0.03	0.09	3.0	0.03	-0.06	-0.7
23 時	0.08	-0.02	-0.04	0.10	2.5	0.04	-0.08	-1.1
					(Mean 2.9)		(residuals)	

鉛直地電位傾度に及ぼす地表面温度及び降水の影響

第 2 表 Earth-Current in May 1939 Asô.

	E _w	N _s	V ₃	E _w -N _s	$\frac{ E_w - N_s }{ V_3 }$	$\frac{E_w - N_s}{1.2} = V_3'$	V ₃ -V ₃ '	T°C
0 時	0.05	0.02	0.01	0.03	3.0	0.03	-0.02	-1.1
1 時	0.06	0.00	0.00	0.06		0.05	-0.05	-2.7
2 時	0.06	-0.01	-0.02	0.07	2.5	0.06	-0.08	-2.8
3 時	0.05	0.00	-0.04	0.05	1.3	0.04	-0.08	-3.1
4 時	0.02	0.01	-0.06	0.01	0.2	0.01	-0.07	-3.1
5 時	-0.03	-0.02	-0.08	-0.01	0.1	-0.01	-0.07	-3.1
6 時	-0.08	-0.08	-0.10	0.00		0.00	-0.10	-2.9
7 時	-0.12	-0.12	-0.12	0.00		0.00	-0.12	-2.9
8 時	-0.13	-0.09	-0.13	-0.04	0.3	-0.03	-0.10	-0.9
9 時	-0.13	-0.02	-0.13	-0.11	0.9	-0.09	-0.04	0.6
10 時	-0.09	0.06	-0.12	-0.15	1.3	-0.13	0.01	1.7
11 時	-0.05	0.09	-0.11	-0.14	1.3	-0.12	0.01	2.3
12 時	-0.01	0.09	-0.09	-0.10	1.1	-0.08	-0.01	2.7
13 時	-0.02	0.06	-0.07	-0.08	1.1	-0.07	0.00	3.4
14 時	-0.09	0.00	-0.03	-0.09	3.0	-0.08	0.05	4.0
15 時	-0.14	-0.02	0.03	-0.12	4.0	-0.10	0.13	3.8
16 時	-0.14	-0.02	0.09	-0.12	1.3	-0.10	0.19	3.4
17 時	-0.10	0.00	0.13	-0.10	1.0	-0.08	0.21	2.8
18 時	-0.01	0.01	0.15	-0.02	0.1	-0.02	0.17	1.8
19 時	0.07	0.02	0.17	0.05	0.3	0.04	0.13	0.3
20 時	0.12	0.02	0.17	0.10	0.6	0.08	0.09	-0.2
21 時	0.14	0.02	0.15	0.12	0.8	0.10	0.05	-0.7
22 時	0.12	0.02	0.13	0.10	0.8	0.08	0.05	-1.1
23 時	0.09	0.02	0.08	0.07	0.9	0.06	0.02	-1.7
24 時	0.05	0.02	0.01	0.03	3.0	0.03	-0.02	-1.7
					(Mean 1.2)		(Residuals)	

第 3 表 Earth-Current in Aug. July. 1931. Huancayo.

	E _w	N _s	V	E _w -N _s	$\frac{E_w - N_s}{V}$	$\frac{E_w - N_s}{4.1} = V'$	V-V'	T°C
0 時	-0.01	0.01	0.01	-0.02	2.0	0.01	0.00	-3
1 時								
2 時	-0.015	0.03	-0.015	-0.05	2.5	0.01	-0.03	-5
3 時								
4 時	-0.010	0.035	-0.015	-0.05	2.5	0.01	-0.03	-7
5 時								
6 時	-0.018	0.030	-0.020	-0.05	2.5	0.01	-0.03	-8
7 時								
8 時	-0.08	0.070	-0.030	-0.15	5.0	0.04	-0.07	-4
9 時								
10 時	-0.122	0.140	-0.060	-0.27	4.5	0.07	-0.13	1
11 時								
12 時	-0.020	0.020	-0.040	-0.05	1.3	0.01	-0.05	5
13 時								
14 時	0.100	-0.160	-0.010	0.26	2.6	-0.06	0.05	8
15 時								
16 時	0.090	-0.100	0.040	0.19	4.3	-0.05	0.09	9
17 時								
18 時	0.040	-0.030	0.050	0.07	1.4	-0.02	0.07	6
19 時								
20 時	0.020	-0.020	0.050	0.05	1.0	-0.01	0.06	1
21 時								
22 時	0.010	0.00	0.030	0.01	0.3	0.00	0.03	-1
23 時								
					(Mean 4.1)			