柿岡及び豊原に於ける地電流に就いて⁽¹⁾

吉松隆三郎, 畠山久尙

On Earth-current at Kakioka and Toyohara.

By T. YOSIMATU and H. HATAKEYAMA

Abstract:—This paper is a brief preliminary report of earth-current observed at Kakioka and Toyohara from Aug. 1932 to Aug. 1933, the 2nd polar-year. Comparing records at both places, we have found a striking similarity in spite of their geographical and geological differences. The diurnal variation curve has two maxima at 4^h a.m. and 2^h p.m., and at Kakioka, the east-and north-components have mean ranges of 0.78 and 0.50 millivolts per 100^m respectively, while at Toyohara, 0.73 and 0.29 millivolts. It is interesting that the general direction of diurnal variation is SW—NE, approximately directing to the magnetic northpole as at some other places in the world. We try to explain a pretty large variation in earth-current accompanied by thunder-storm or shower, but earth-magnetism does not so large variations. By a simple calculation, it was found that this current does not flow deeper than 800^m beneath the earth surface, supposing a mean resistivity of the soil is 10⁴ ohms per cm.

I) 柿岡及び豊原に於て同じ方法, 施設によつて観測した地電流に就いて簡単な序報告をする. 測定方法, 装置等に就いてはこゝでは省略する.⁽²⁾ 兩地の記録を見てまづ注意するのは其變化の狀態が驚くべき程一致してゐることである. 約千軒を隔て氣象狀態や地形地質の不同に拘らず静擾凡ての日に於て細部迄も殆んど異りがない. そして地球磁氣と平行してゐること既知の通りである. 地電流の深い意義は嚴存してゐることを實證するものである. 第一圖は兩地の地電流と地球磁氣との擾亂日の一例を示したが平常静穩の日も同様な關係にある.

II) 静穩日の變化を見ると兩地とも規則正しい二重極大の日變化をなし, いづれも第一極大は午後二時, 第二極大は午前四時に起つてゐる. 第二圖はこの關係を示したもので柿岡 (8/1932→7/1933), 豊原 (1/1933→7/1933) とともに各月から比較的靜かな五日間を選んでその平均値からの毎時偏差を毎百米ミリヴォルト單位で表はし, 偏差は東及び北の高電位に在るを正としてある. 世界各地に於ける地電流の日變化の狀態は大體高緯度地方に於て

(1) 中央氣象臺彙報.

(2) 本誌 第二輯, 第十卷參照.

向つてゐるといはれてゐるが其絶対値を指すとき果してこれが純粹な電氣的現象——山頂に於ける電氣の出入——か或は又地形の複雑、土地の高低による電氣化學的現象かは上の問題に關係ある地電流の一つの題目である。チャブマンの説に依ると低緯度に於ては東

は一日波が優越し、低緯度地方では半日波が卓越してゐる傾向がある。柿岡、豊原共後者の型を採つてゐる。ペルーの Huancayo の結果⁽¹⁾は一日波が優れてゐるがこゝは丁度磁氣赤道に當つてゐるので特別な事情があるらしく電流の方向は一日中定方向に前後運動してゐる。同じ南半球のオーストラリアの Watheroo⁽²⁾では再び半日波が目立つてゐる。そして赤道を界として南北兩半球に於て南北分値が逆方向を採つてゐるのは地電流の原因を考へるのに面白いことである。我國に於ては最近能登氏⁽²⁾の觀測があるが日變化は一日波で地磁氣との變化が目立つてないのは注目すべくそれ自身調査の價値があると思ふ。毎時の合成電位差をベクトルにして見ると細部に於てはやゝ異なる所があるが全體としての傾向は一致し變化の進行方向は時計の針の進む向きで各地の結果と同様である。

III) 兩地とも東西方向の變化が南北方向の夫れに比して特に大きい。そして絶対値は南北方向が非常に大きい。兩地の地形其他の狀況は勿論同一でないが或は偶然の一致か、それとも他の大きい原因があるかは何等かの方法により例へば平行線をいくつか作り場所や地形を考慮に入れて調査する價値がある様に見える。高山の地電流が大抵麓から頂上に

(1) Terr. Mag. Vol. 35, 1930, Terr. Mag. Vol. 33, 1928

(2) Jap. Jour. Ast.-Geophys., Vol. X, 1933.

第 二 圖

July 23rd 1933.
(G.M.T.)

第三圖

1. Sodankylä.	8. Toyohara.	15. Washington.
2. Haparanda.	9. Huancayo.	16. Zi-Ka-Wei.
3. Lund.	10. Pawlowsk.	17. Irkutsk.
4. Paris.	11. Potsdam.	18. Bombay.
5. Ebro.	12. Greenwich.	19. Batavia.
6. Watheroo.	13. Katharinenburg.	
7. Kakioka.	14. Perpignan.	

西分値の變化が大きいことになつてゐるのでこの點では一致してゐるが各地に於ける状態は一様でない。電流の方向は勿論其土地の状態に關係するのであるが其主要方向（日變化ベクトル圖を作つた時その長軸の方向）は大體一定してゐる様である。この消息を見るため第三圖を作つて見る。世界各地に於ける靜穩日の電流變化の平均方向は略々下記の角度をなす方向である。この中 Lund, Sodankylä, Paris, Haparanda は D. Sten-

quist⁽¹⁾ により他は Terr. Mag. & Atmo. Elect. より採用した。

Sodankylä	90°	北より西へ	Huancayo	40	北より西へ
Haparanda	80	"	Watheroo	5	"
Lund	60	"	Toyohara	20	東より北へ
Paris	40	"	Kakioka	30	"
Ebro	29	"			

こゝに興味あることは電流變化の方向は全般として磁北極の方向に向いてゐることである。これは L. A. Bauer が Ebro の結果からも指摘してゐる所である。これと地磁氣と比較す

(1) Terr. Mag. June 1931.

れば面白いのであるが前記諸所の結果が手もとにないので参考のため岡田臺長⁽¹⁾が世界各地に於ける水平分力の日變化に就いて調査されたものゝ中若干のものに就いて日變化のベクトル圖の長主軸が東西と成す角を東から西に時計の針と反對方向に測つたものを正として、春秋分點月と六月、十二月の平均方向を示すと

Pawlowsk	+9°	Washington	+36
Potsdam	+23	Zi-Ka-Wei	-34
Irkutsk	- 8	Bombay	-82
Perpignan	+20	Batavia	-17
Greenwich	+15	Katharinenburg	- 3

これによつてみると地電流と水平分力との方向は直角とはいえないが比較的近距离の所では之に近い角度を以て交叉してゐる。この事は地電流の變化の振幅が地球磁氣の夫れに比して週期の短い程大きいこと——地球磁氣の水平分力と地電流の東西分値との變化の振幅の比が週期の約 $1/2$ 乗に比例することは平山氏⁽²⁾によつて精しく研べられた——或は又地電流の南北分値が赤道を界にして反對方向を採ることなど對照すると興味あることである。即ち地電流の變化に關しては地球磁氣の夫れと總括して一つの原因としての上層大氣の電磁作用による誘導現象と考へるのが至當と思はれる。地電流の擾亂の場合にも同じ様な關係にあり、唯電流變化の方向が靜穩日のそれよりずつと東西に近づき變化が著しく大きくなるのは兩地同様である。最近昭和八年九月九日の大きい嵐に於ては其主方向は柿岡にて東から北へ 13 度、豊原にて約 11 度になつてゐる。磁氣嵐の特長は其主相に於て水平分力の著しく減少する事があるがこれの原因が上層電流にあるとすると電流は東から西に流れてゐる勘定になる。實測の地電流はこの際西から東に向き上の考へと一致する變化をしてゐる。

IV) 地電流と地球磁氣とは密接な相關變化をしてゐることは既知の通りであるが、地電流の變化は必ずしも地球磁氣に同様に現れない。雷雨や驟雨等に伴つて相當の地電流の變化があるにも拘らず現在磁力計——感度約 1γ ——には殆んど變化が見えない。第一圖に於ける豊原の 4 時と 8 時頃の大きい變化は雷雨に伴つて生じたものである。其の原因は空中電氣或は地球磁氣とも關係するかも知れないが、とにかく地下を流れる電流によつて幾何の影響が地球磁氣に及ぼすかを簡単な計算でみてる。

地上 a なる距離の一點 P に於ける地下電流による磁場の強さを H 。電流は半無限大の平面とした地面に平行に流れると假定し、 Y を原點とした座標の y 軸に一致する。 z

(1) Geophys. Mag. Vol. 3, No. 1, 1930.

(2) 本號.

軸は地面に垂直に下方に向く 電流が一樣な密度 i をもつて地下 b 迄存在するとすれば

$$H = \int_a^b \int_{-\infty}^{\infty} \frac{2iz}{x^2 + z^2} dx dz = 2\pi i(b-a) = 2\pi(b-a) \frac{V}{\rho}$$

V : 電場の強さ, ρ : 土地の平均比抵抗

$$\text{今, } V = 20 \text{ m.v./}100 \text{ m} = 200 \text{ e.m.u./cm}$$

$$\rho = 10^4 \text{ ohm/cm} = 10^{13} \text{ e.m.u./cm}$$

$$a = 1 \text{ m}$$

と假定すれば——これは實際の場合に近い——

$$H = 4\pi(b-100) \times 10^{-11} \text{ e.m.u.}$$

となる。

現在の磁力計では $1\gamma = 10^{-5} \text{ e.m.u.}$ 以下の強さは観測が困難であるので $H < 10^{-5} \text{ e.m.u.}$ を採れば

$$b < 800 \text{ m}$$

電流が地下 800 米以内に、即ち比較的地表近くに極限されてゐると地電流に相當の大きい變化があつても地球磁氣に對しては變化が非常に小さいことになる。地面近くに源を有する電流は比較的淺い所に分布される可能性は考へ易く、特に雷雨の場合の如く非常に速い變化をする場合は地表近くに制限される。又一方降雨時は地面の抵抗は小さくなつてゐることも考へられやう。小野博士⁽¹⁾が電車による地球磁場の影響を調査された時磁場の變化は電源からの距離に逆比例することを指摘されてゐるのもこの消息を示してゐる。

V) 以上柿岡及び豊原の地電流を比較すると全般的な状態は全く同様であり諸外國の結果もこれに似てゐる。細部に至つては若干の相違があるがこゝでは觸れない。

(1) Geophys. Mag. Vol. 3, No. 3, 1930.