

地電位傾度に現はれた低氣壓の影響に就いて

菊池繁雄

§1. 序

地震と地電流との關係に關する問題は可成り古くから論ぜられてゐるが、吉松氏が D 曲線⁽¹⁾を以て之が定量的關係を明らかにして以來一段と進んで來た。筆者は之が地中に於ける流動電位發生に基くものと考へて、壓力變化と地電位傾度の關係を見出すため、先づ氣壓に依る壓力變化を調査したが定量的にも相當満足すべき結果を得た。

§2. 測定装置

柿岡に於ける地電流測定回路は東西、南北に夫々 1.5 km, 1.0 km の長基線と夫々 100 m の短基線のものゝ裝備してある。何れも地下約 3 m の深さに埋めた兩電極より架空線を以て構内に導き、之に $7\sim 8 \times 10^4 \Omega$ の高抵抗を直列に入れて電極、架空線の包む面内に於て地球磁場變化に依る誘導電流の影響及極板の接地抵抗の變化、並に分極作用の影響を消去し、超萬能分流器を通して檢流計に連結してある。尙詳細は吉松氏の論文⁽²⁾を参照せられ度い。

§3. 統計方法

材料としては 1935 年に於ける長基線の觀測値を用ひた。

先づ同年に於ける天氣圖を調査して柿岡附近を通過する主要低氣壓に就いて其氣壓傾度が低氣壓の中心より一様なるものと假定して、當地に於ける東西及南北方向の成分が 0.02 mm Hg/km (此値は §5 の概算より推定した) 以上になる様な日を拾ひ出した。是等の内地電流嵐とか豪雨等の爲の擾亂があつた日を除いたので採用した日數は 14 ケ日に過ぎなかつた。第 1 表及第 1 圖に是等の低氣壓並に其の進行方向を示した。尙第 1 圖に於て No. 9, No. 10 の低氣壓は東西成分の計算に入れなかつた。

次に 6^h, 18^h の天氣圖より此等の低氣壓に依つて夫々東西及南北方向の氣壓傾度が最大となる時刻及之を中心として前後 6 時間毎の氣壓傾度を推定して平均の氣壓傾度曲線を作つた。(第 2 圖) 圖に於て縦軸の + なる符號は氣壓傾度の方向が夫々 E→W, S→N に向ふ場合で、横軸の + なる符號は氣壓傾度が最大となつた時刻以前の時刻を示す。

そこで上記最大値時刻を挾んで前後 24 時間づゝの地電流觀測値に就いて、各日に就いて 0^h の

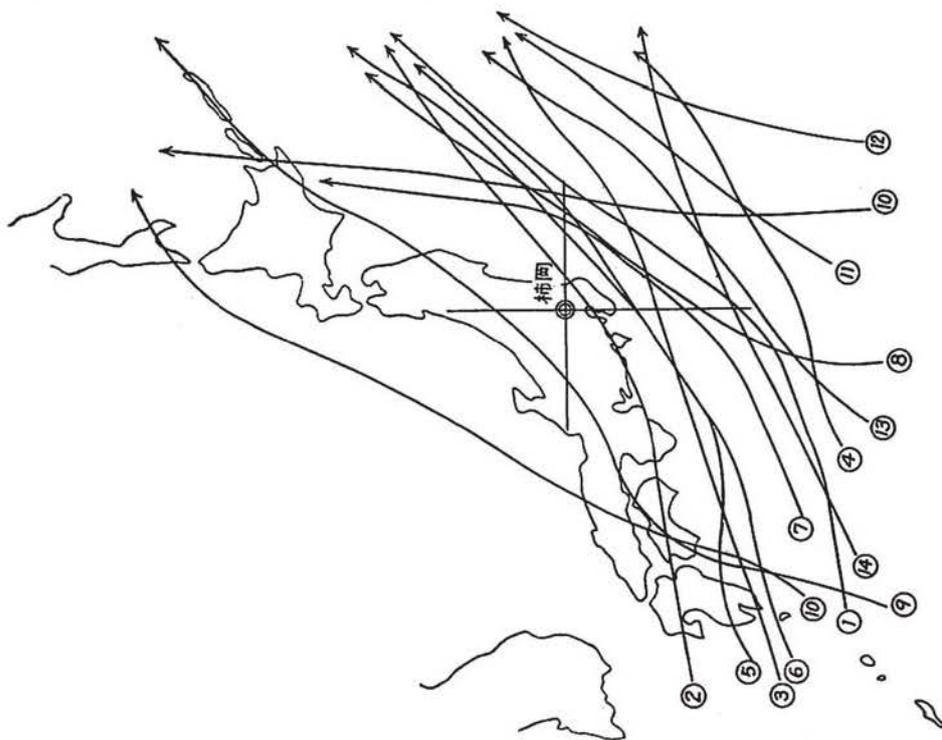
(1) 吉松隆三郎: 氣集 Vol. 15, No. 4, 1937; 柿岡要報 Vol. 1, No. 1, 1938.

(2) 吉松隆三郎: 氣集 Vol. 11, No. 10, 1933; Vol. 12, No. 1, 1934.

第 1 表

No.	日	中心気圧	位 置	気圧最大傾度日		柿岡の 気圧
				東西成分	南北成分	
1	Feb. 15 6	748	沖 佐 土	16 04	16 00	757
2	Feb. 22 18	722	沖 海 道 南 東	23 22	22 21	745
3	Feb. 23 6	748	灣 伊 北 海 道 南 東	27 12	27 03	755
4	Feb. 26 18	753	沖 紀 伊 半 島	27 12	27 03	765
5	Feb. 27 6	753	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	27 12	27 03	758
6	Feb. 28 6	744	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	27 12	27 03	763
7	Mar. 22 6	748	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	22 06	22 06	744
8	Mar. 23 6	748	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	22 06	22 06	766
9	Mar. 24 18	750	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	22 06	22 06	707
10	Mar. 25 6	746	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	25 06	25 00	760
11	Mar. 25 6	738	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	25 06	25 00	743
12	Apr. 5 6	752	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	5 18	5 15	759
13	Apr. 5 18	750	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	5 18	5 15	755
14	Apr. 20 18	744	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	30 06	30 00	753
15	Apr. 30 6	738	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	30 06	30 00	745
16	July 4 6	746	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	4 20	4 20	759
17	July 5 6	748	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	4 20	4 20	748
18	Aug. 29 6	738(*1)	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	29 10	29 12	752
19	Aug. 29 18	743	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	29 10	29 12	744
20	Sept. 25 18	736(*1)	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	26 06	26 06	749
21	Sept. 26 6	720	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	26 06	26 06	741
22	Sept. 29 18	738(*1)	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	30 06	29 18	759
23	Sept. 30 6	734	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	30 06	29 18	759
24	Oct. 7 6	734(*1)	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	7 12	7 12	757
25	Oct. 7 18	742	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	7 12	7 12	758
26	Nov. 19 18	754	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	20 14	20 00	767
27	Nov. 20 6	752	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	20 14	20 00	762
28	Dec. 27 18	754	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	28 18	28 18	774
29	Dec. 28 18	754	沖 房 三 陸 東 方 洋 上	28 18	28 18	769

第 1 図 低気圧進路図



値と 24h との値を等しくする爲の補正, 太陽日變化及び太陰日變化⁽¹⁾の補正を施した. 太陽日變化に對しては其の月平均値を用ひ, 太陰日變化に對しては其年平均値を使用した. 但し後者に於ては晝間及び夜間に於ける振幅の相違は考慮に入れなかつた.

斯様に補正を行つた値を, 氣壓傾度の最大値時刻を中心にして平均を取り第 3 圖を作つた. a 圖は東西成分, b 圖は南北成分に關するものである. 而して其最大振幅は夫々 $7\text{mV}/1.5\text{km}$, $2\text{mV}/\text{km}$ である.

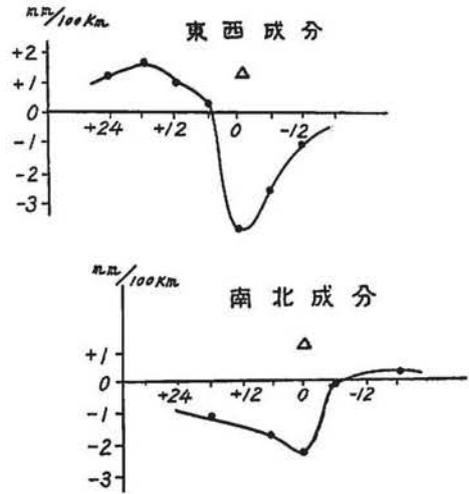
§ 4. 第三圖の説明

第 3 圖は明らかに低気圧に依る影響が現はれてゐる. 筆者は之を流動電位を以て説明を試みて見た.

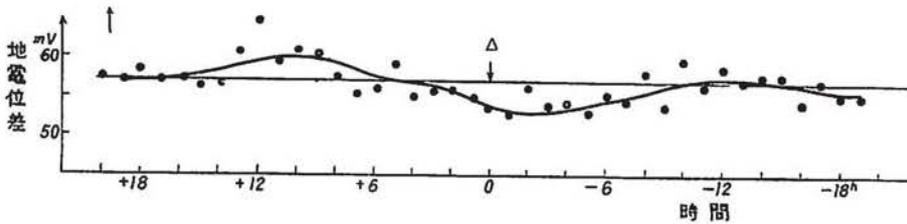
流動電位に依る電位差 E は次式にて與へられる⁽²⁾. 即ち

$$E = \frac{P\xi D}{4\pi\eta\kappa} \tag{1}$$

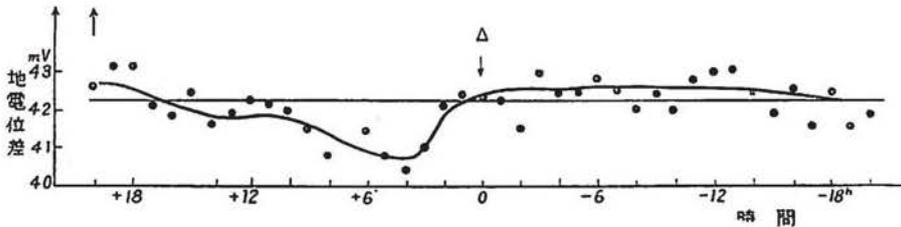
第 2 圖



第 3 圖 (a) 東西分値



(b) 南北分値



(1) 横内幸雄: 柿岡要報 Vol. 2, No. 2, 3.

(2) 鮫島實三郎: 膠質化學 p. 355.

此處で

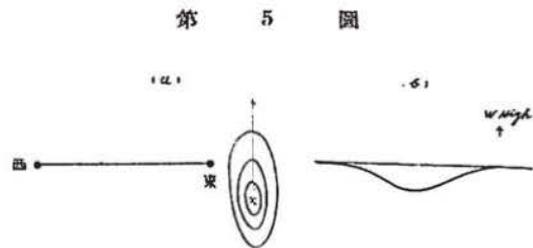
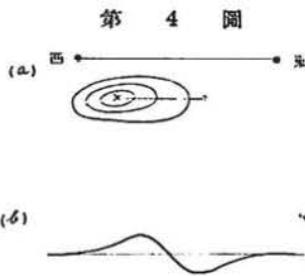
- P : 毛細管兩端に於ける壓力差
- ζ : 界面動電壓
- D : 液の電媒常數
- η : 液の粘性係數
- κ : 液の比傳導度

である。

さて地中には多くの毛細管が存在し、是等毛細管を通つて繼へず水が流れてゐると考へられるので、若し是等毛細管群の兩端に於て何等かの力の作用に依り壓力差を生ずるならば上記流動電位に依る電位差が現はれると考へる事が出来る。且此壓力差が低気壓に依つて誘起せられるものとすれば低気壓側の毛細管の端に於ける地電位は高くなる筈である。

そこで次のモデルを考へてみよう。

今東西方向に基線があるとして低気壓は之に平行に進行するものとすれば低気壓の進行に伴つて地電位は第4圖bの如くS字型に變化するであらう。



同様にして低気壓が東側電極を基線に直角方向に進行するものと考へれば、地電位は第5圖bの如くV字型に變化するであらう。

實際に於ては低気壓の進行方向は第1圖の如く大體 SW→NE の傾向が多く且気壓傾度の比較的大きい部分は SE 象限にあり従つて其の方向は SE 方向に向つてゐるので、地電位變化は東西成分に就ては、初め稍、西成分が高く現はれ曲線は弱い最大値を示し漸次東成分が高くなり數時間續いて強い最小値を作り次第に回復する。即ち第5圖bの最大値が弱く、最小値が強くと現はれた形となる。同様にして南北成分に就いて考へれば曲線は初めは漸減して強い最小値を示し之を超えると上昇して弱い最大値を作つて回復する。即ち東西成分の變化と逆な形を示すことになる。従つて第3圖に於ける曲線は定性的に豫想した曲線と一致してゐる。

次に第3圖に於て氣の付くことは：(1) 曲線の形が可成り不規則な部分が見られるが是は材料が少かつた爲多少の弱い擾亂も計算に入れたのが原因と考へられるので地電位觀測値として靜穩日に

於ける値を用ひて數ヶ年にわたる統計を行へば更に良い結果が得られる事と思ふ。(2) 氣壓傾度の最大時刻と曲線の極値とが完全に一致してゐないが是は最大値時刻を 6^h, 18^h の天氣圖から推定したため時間のずれを生じたものと思はれる。(3) 第2圖の氣壓傾度曲線と比較してみると大體に於て一致してゐる。此事から此の地電位變化が流動電位を以て説明出來ると云ふ考が更に裏書されよう。(4) 東西南北の最大振幅の大いさが可成違つてゐるが是は次章に説明することにする。

§5. 概 算

第2圖より得られた氣壓傾度の値を用ひ (1) 式に依つて此地電位變化の値を計算して見よう。

即ち

$$E = \frac{P\zeta D}{4\pi\eta\kappa}$$

に於て P を 0.02 mm Hg/km とすれば 27 e.g.s. となる。

ζ は水中の電解質に依つて可成り影響されるが大體 0.1~0.01/volt の間にあるので

$$\text{今} \quad \zeta = 0.05 \text{ volt}$$

$$\text{とすれば} \quad \div 2 \times 10^{-4} \text{ e.s.u.}$$

D は 81 e.s.u. で温度、電場に依る多少の影響があるが微小である。

η は 0.0 e.g.s. (20°C) で温度に依る影響があるが僅少である。

κ は温度に依り幾分減少をするが、電解質の影響が非常に大きく桁數の變化が容易である。従つて地下水の場合は地質に左右される事が極めて大い。今純水を例に取ると

$$\kappa = 10^{-7} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1} \div 10^5 \text{ e.s.u.}$$

以上の値を用ひて E を計算してみると約 $10^{\text{mv/km}}$ となる。尙當觀測所構内の堀抜井戸の水(深さ約 60 米)の κ は大體 10^{-5} の程度であるが地下水に於ても是位であると考へれば E は $0.1^{\text{mv/km}}$ となり第3圖に於ける最大振幅に比較して一桁小さい。併乍ら深層に於ける地下水に依つて生じた電位差がきいて來ると假定するときは或程度の説明出來る可能性がある。即ち地殻は粘彈性體なるが故地表に於ける緩慢な氣壓變化が可成りの深層迄影響を及ぼし得る事、及び深層の地下水の κ が地表附近より遙かに小さい事が考へられるからである。

次に當柿岡盆地は東側のみが開いた南北方向に長軸を有する橢圓形に近い盆地である。従つて東西方向への氣壓傾度に依る影響の方が南北方向の場合より相當大きく現はれる事が考へられ従つて第3圖に於いて東西成分の振幅が南北成分より大きくなる事が推定出來よう。とにかく問題となるは地下水に関する物理的並に化學的性で更に一段と詳細なものが得られればより確な事が云へると思ふ。

§6. 結 論

(1) 1935 年に於いて柿岡附近を通過する主要低氣壓に付いて東西、南北方向の氣壓傾度が比較

的大いものを $6^h, 18^h$ の天氣圖より撰び、之より最大傾度時刻を推定し此時刻を中心として、二三の補正を施した地電流觀測値の平均を取つた結果第3圖の如く明瞭に低氣壓に依る影響が現はれた。而して其最大振幅は東西成分に於ては $7^{mV/k}$ 、南北成分に於いては $2^{mV/km}$ である。

(2) 此現象は流動電位の概念を用て可成具合良く説明する事が出来る。

(3) 此考を更に一步進めるときは地電流に関する種々な問題、例へば地震の際に於ける發光現象の問題は既に寺田博士が流動電位を以て一つの説明を提出されて居り⁽¹⁾、其他吉松氏の地電流と、地震との關係を或程度定量的に示したD曲線の説明、地電流に於ける太陰日變化と潮汐との關係、山嶽地方に於ける地電位傾度の方向が山頂に向ふ⁽²⁾等の問題も説明出来る可能性がある。更に地震が $2\sim 3$ mm Hg. 100 km の氣壓傾度に依り誘發される事を併せ考へるときは氣壓、地震、地電流の三者の間に一脈相通する密接な關係がある事が推測せられる。此等に関しては近い内に調査の結果を發表する。

終りに際し、終始懇切な御指導下さつた今道所長初め所員の方々に深謝する次第である。(了)

(1) 寺田寅彦全集: Scientific Paper Vol. 4,

(2) 吉松隆三郎: 氣集 Vol. 12. No 1, 1934