

# 接地抵抗観測結果について

北村正 函

## On the Result of Observation of the Earthing-Resistance

by Masatoshi KITAMURA

Abstract: .....Under the ordinary conditions gradual changes in the contact-resistance between electrodes and adjacent parts of the soil, in which they are set, can be expected corresponding to seasonal variations in moisture and temperature. Actually many observations show that variations of earthing-resistance are chiefly due to two elements, namely, rapid change in moisture-content occurring during or after heavy rainfall and variation of the temperature in the ground near the surface.

By the method of Kohlrausch-bridge we made more systematic and long continued observations of the earthing-resistance every month in the interval from 1947 to 1950. The main result shows that it decreases as the earth-temperature increases, or as the amount of precipitation increases more than about 200 mm.

So it follows that the seasonal variation of the earthing-resistance can be considered chiefly as a result of change in the concentration, consequently conductivity, of the solution surrounding the electrodes due to the earth-temperature or impinged water.

### § 1. 緒言

地電流観測に際して入つて来る誤差の原因の一つは、地銀と土壤間の接觸抵抗に影響されることとはつとに指摘されているところであり、地銀と土壤との接觸面が増すにつれて、又、地温の上昇、土壤含水量の増加に伴つて接地抵抗は減少し、これらの各要素の減少によつて抵抗の増大すること等、若干の観測結果と共に W. J. ROONEY,\* K. L. SHERMAN\* 及び能登氏\*\* 等によつて報告されている。

柿岡地磁気観測所においては、地電位差常統観測用各基線について、毎月一回乃至数回、その外に降水その他の特殊変化のあつた場合等隨時接地抵抗を測定しているが、この結果も大体上述の傾向を示していることが明かにされた。こゝに用いたのは 1948 年以降 3 年間の資料で、それにより接地抵抗の年変化と地中温度及び降水量との關係について、1~2 の結果を報告することとする。尤も常時は長基線（基線長 1km 前後）、短基線（基線長 100m）について夫々東西・南北成分の 4 基線と、更に補助観測用一基線と合わせて計 5 基線について常統的観測を行つているが、地

\*) W. J. ROONEY and K. L. SHERMAN; Earth-current measurements at the College-Fairbanks polar-year station, Terr. Magn. Vol. 39. No. 3. p. 187-199. (Sept. 1934)

\*\*\*) 能登久; 地電流測定用地銀と土地の接觸抵抗と房總半島に於ける地電流測定設備, 気象集誌, 第二輯, 第十二卷第四号, p. 179-190 (昭和 9 年 4 月)

飯の故障、朽腐或いは取り換え、修理等のために凡ての地飯について年変化を論ずるには困難な状態にあるので、ここでは主として長基線東西と、南北の一部及び短基線の東西、南北の4基線について取り扱つてみることにした。(尚、注意すべきことは、ここに挙げた測定値は各単一極の抵抗値ではなく、各基線における両極の接地抵抗の和を示していることである。)

§ 2. 観測装置

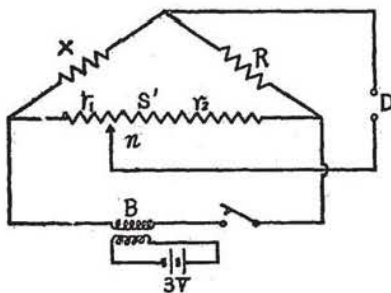
地電位差測定用地飯は長基線は東西、南北共銅板(約50×30 cm, 厚さ約1 mm.) 2枚を以てし、その周囲に粉碎せる木炭を充填したものを一つの極(所謂、複極法)とし、何れも深さ約2.5mの粘土質土壤中に埋設してある。短基線は何れも接地用炭素棒(径約5 cm, 長さ25 cm)による複極法を以てし、観測所より西南方約500 mの丘陵地にて約1 mの深さに埋設してあるが、花崗岩の風化した粗粒の多い土壤であることが、長基線の場合と少々状況を異にしている。但し短基線の東極のみは地電位差絶対値の調節のために、最初は上述の炭素棒3本とし、途中1950年2月より2本とした。尚、§ 3 (b) で採用した観測所構内の補助用東西基線は前述短基線の場合と同じく炭素棒による複極法とし、深さ約0.8 mとなつている。

以下便宜のために用いる各基線の符号及びその地飯の大体の深さを表示すれば、次の通りである。

	符号	深さ	地飯材料
長基線東西	$E_{1.5}$	2.5 m	銅板(50×30cm)
" 南北	$N_{0.75}$	2.5 m	"
短基線東西	$E_{0.1}$	1.0 m	炭素棒(径5cm, 長さ25cm)
" 南北	$N_{0.1}$	1.0 m	"
構内補助基線	$e_{0.1}$	0.8 m	"

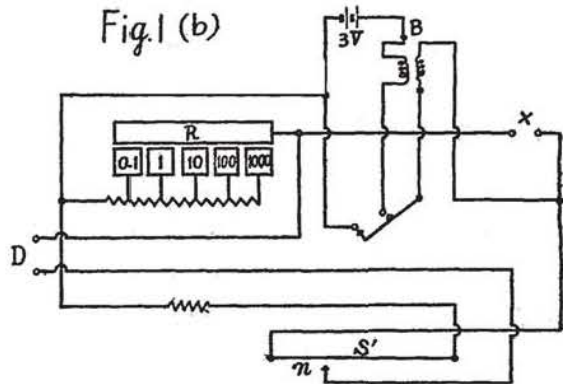
使用した器械は polarization effect を避けて液体の抵抗を測るために広く用いられている Kohlrausch-Bridge で、1000 サイクル、電源の最小音の時の抵抗値を読みとる方式のもの

Fig. 1 (a)



$$X = R \times \frac{r}{S'}$$

Fig. 1 (b)



x: Unknown Resistance  
 B: Buzzer.  
 D: Receiver.

であり、その装置を Fig 1. (a) (原理図) 及び (b) (構造図) に示す。器械は横河電機株式会社製で、実際の観測に際しては、直接地銀よりの導線を (b) 図の X に連結する。

これによる観測値それ自身の中には勿論埋設した地銀や導線、回路或いは大地の抵抗等も入る訳であるが、それらの抵抗値及びその温度変化は接地抵抗のそれに比して殆んど無視される程度であり、その観測値の大部分が接地抵抗乃至は地銀のごく近傍における土地の部分の抵抗であると考えられる。従つてその観測値は大体その接地抵抗を意味するものと解釋して差支ない。以下それらの観測結果について述べる。

### § 3. 観測結果

Fig. 2. (a) に各基線の測定結果を図示する。N<sub>0.78</sub> は 1948 年 12 月以降屢々電極を修理或いは取り換えたりして、その観測結果から季節変化を論ずるには適当でないので、最初の一年間のみ値を採用した。E<sub>0.1</sub> の 1950 年 2 月における値の不連続なのは、地電位差絶対値の調節のため、東極とした接地用炭素棒 3 本の中 1 本を切り離して 2 本としたためである。

Fig 2. (a) を見るに、E<sub>1.5</sub> を除けば何れも単調な季節変化を示し、その極大及び極小は夫々大体その深さに相当する地中温度の極小及び極大に対応し、つとに指摘されている結果と一致する。即ち地中温度の低い春から夏にかけて接地抵抗は大きく、又地中温度の高い秋から冬にかけて抵抗値が小さくなるという傾向をはつきり表わしている。観測所内における地下 1 m, 2 m, 3 m の地中温度の観測値を Fig. 2. (b) に示す。

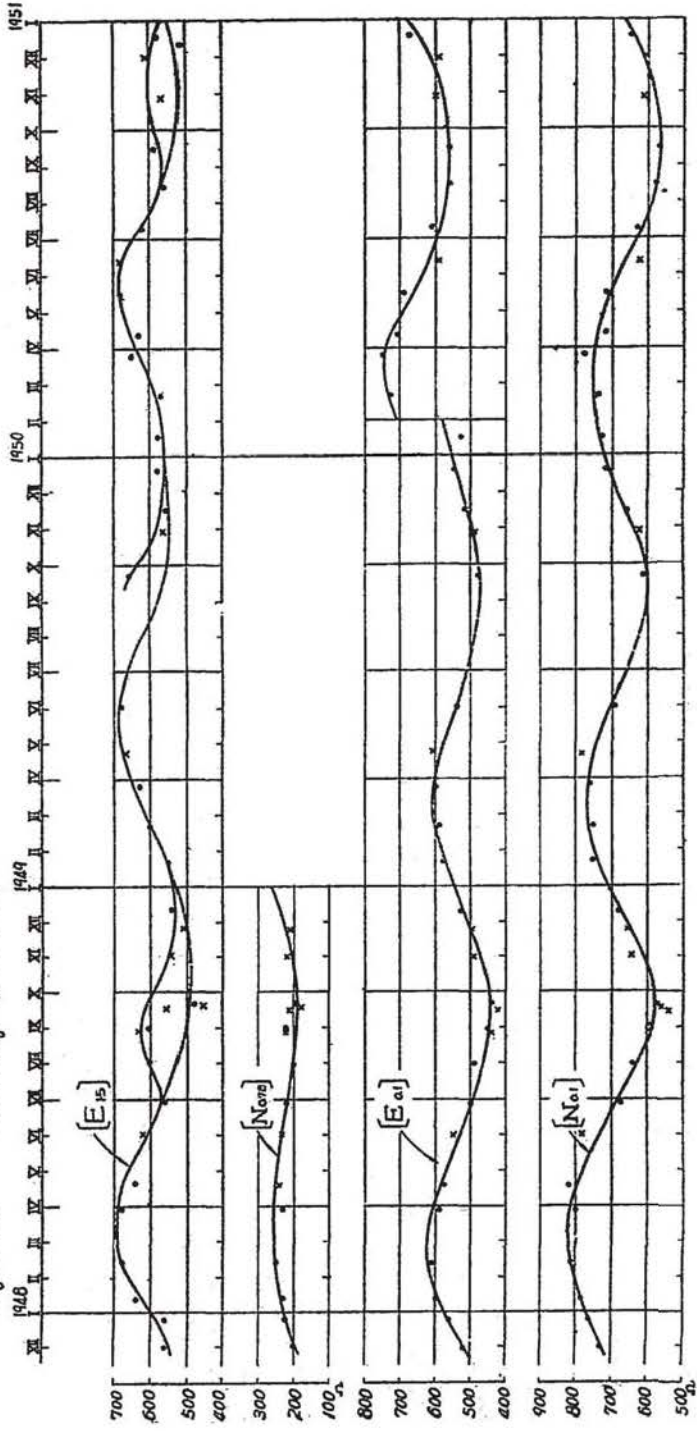
次に降水の場合の変化は § 3. (b) の項において後述するが、大体の傾向として少量の降水に対しては殆んど変化を見ないが、一定量 (大体 200 mm.) を超えると急激に減少し、降雨の止んだ後再び上昇して回復する傾向にある。図中 (Fig. 2 (a)) ×印にて表せるものは、接地抵抗観測前 24 時間以内に 1.0 mm 以上の降水のあつた日の値を示す。

Fig. 2 (a) において E<sub>1.5</sub> の季節変化には明かに二つの極大及び極小が表れていることが、他の基線のそれと著しく異つている。即ち第一の極大は他の基線のそれと同様に、地中温度の極小に対応しているが、7 月乃至 9 月において極小を示し、9 月乃至 11 月頃第二の極大を示し、(但しこの第二の極大は第一の極大より小さい。) 12 月から 1 月にかけて次の極小を示している。これは秋から冬にかけて他の基線のそれと同様に極小を示すべきところ。夏より秋にかけての雨量の最多期において、地下水の上昇に伴う地中温度の局地的変化によるのではないかも考えられるが、他の基線に全然同様の変化が見られないことからして、他にもつと特別な原因がある様にも思われる。これに対する解決は更に今後の調査にまかしたいと思う。

#### a) 接地抵抗と地中温度との関係

Fig. 2 (a) に示した結果の中、E<sub>1.5</sub> と、E<sub>0.1</sub> の 1950 年 2 月以降の値を除いて、接地抵抗 (R) と大体その深さに相当する地中温度 (t) との関係を示したものが Fig. 3 (a), (b) 及び (c) であ

Fig. 2. (a). Earthing-Resistance.



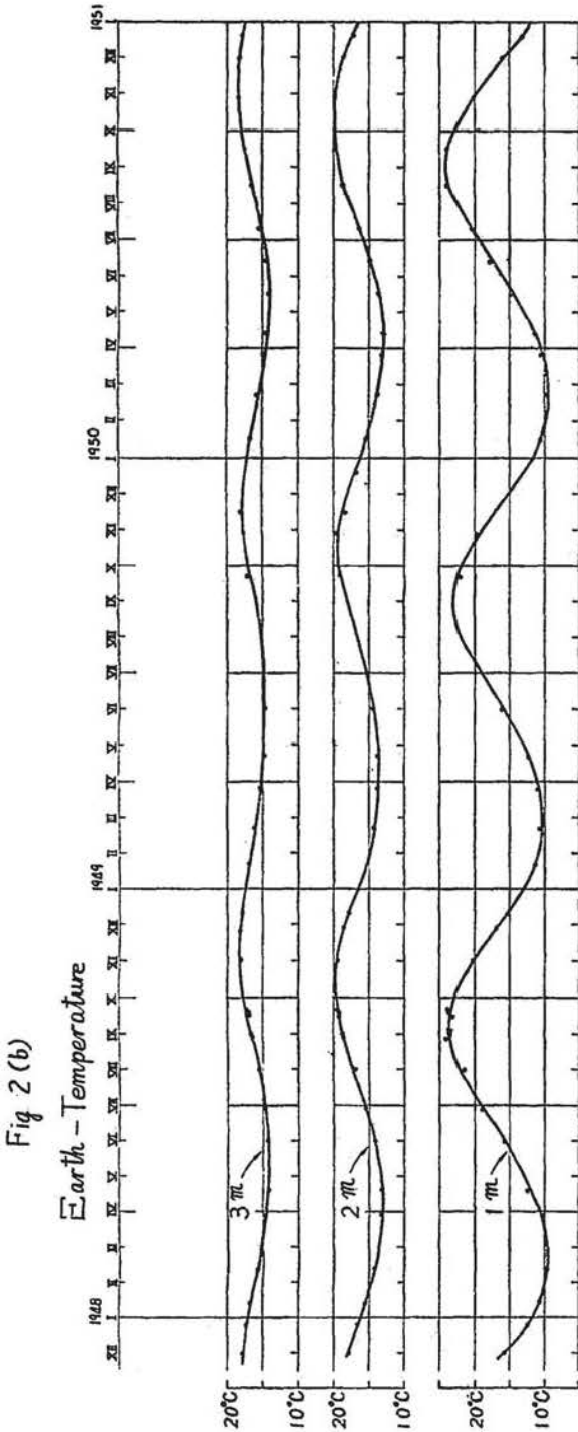
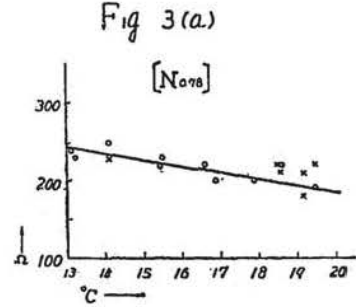


Fig 2 (b)



る。何れも接地抵抗 ( $R$ ) は地中温度 ( $t$ ) と共に減少し、近似的に

$$R = \beta - \alpha t$$

なる式にて与えられることが分る。今各基線についてその温度係数  $\alpha$  と、 $R$  の一年間較差  $\Delta R$  の割合  $\Delta R/R$ 、及び  $t$  の範囲とを示せば次表の如くである。(但し今の場合  $N_{0.78}$  の  $R$  に対しては観測所構内の 2m の地中温度、及び

	$\alpha$	$\Delta R/R$	$t$
$N_{0.78}$	8.5	27%	13°C~20°C
$E_{0.1}$	11.3	32%	9°C~24°C
$N_{0.1}$	15.0	40%	9°C~24°C

$E_{0.1}$   $N_{0.1}$  に対しては同じく 1m の地中温度を以て夫々対応せしめたが、このことは適切でない。) 能登氏の実験\* では  $t: -0.5^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$  の間で  $R-t$  曲線は略々双曲線となつてゐるが、この場合それとはやや趣きを異にする。(尤もこの場合  $t$  の範囲が小さいことに検討の余地があるが。) いずれにしてもこの抵抗  $R$  の温度  $t$  による変化は、地脈の周囲の電解質溶液の電気伝導度が温度  $t$  と共に増加することに起因すると考えると定性的にはこの傾向を説明することが出来る。

\*) 能登久：前記

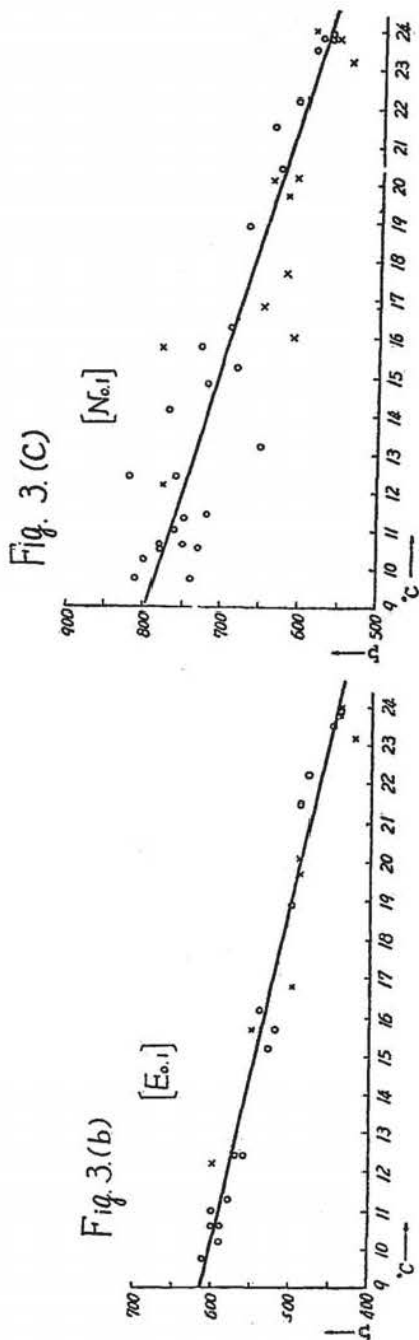
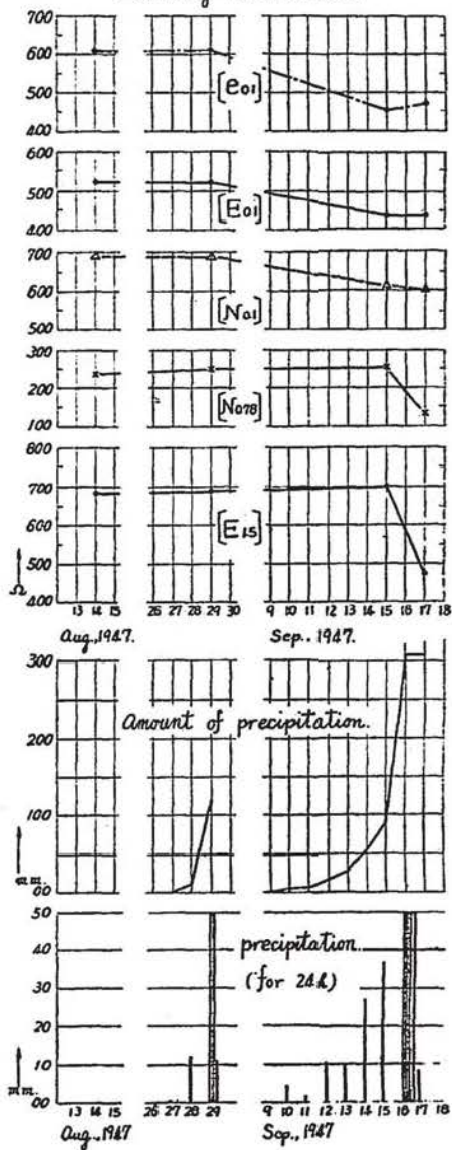


Fig. 4 (a)

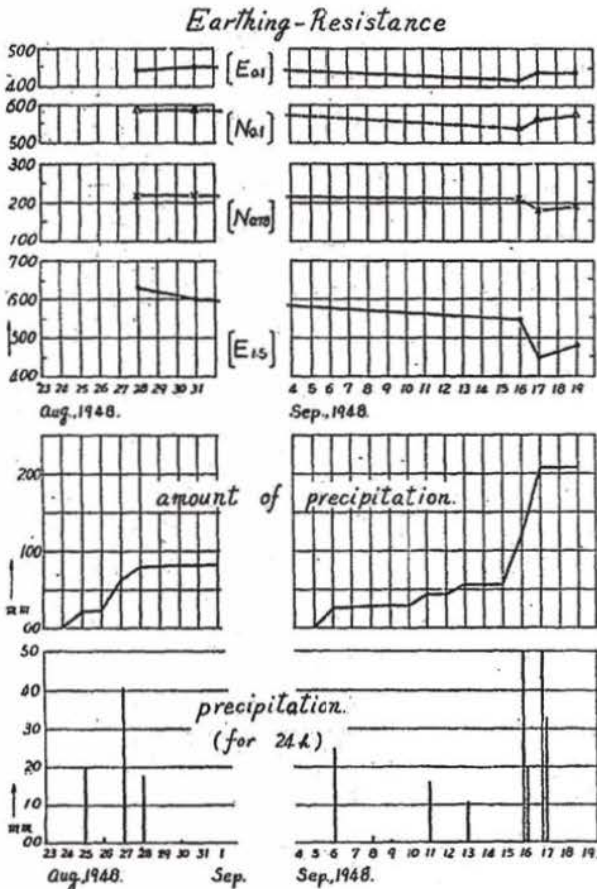
Earthing-Resistance.



## b) 接地抵抗に及ぼす降水の影響

降水に対しては普通の場合、大して急激な変化は認められないが、Fig. 2 (a) における 9 月乃至 10 月頃の如く多量の降水に対しては抵抗の値に著しい変化が見られる。即ち或一定量以上の降水量に対しては一般に抵抗値の減少が認められる。以下 1947 年 8 月～9 月、及び 1948 年 8 月～9 月、における降水量及び抵抗の観測値について述べる。Fig. 4 には接地抵抗の測定値とその

Fig. 4. (b)



当日及びそれ以前における降水量（毎日 10 時における観測値）と、その量の増加の模様を図示した。

これによると 100mm 或いはそれ以下の降水量に対しては各基線とも殆ど変化は認められない（1947 年 8 月及び 1948 年 8 月）が、連日降水の後その総量が 100mm. 程度に達すると、2.5 m 附近 ( $E_{1.5}$ ,  $N_{0.75}$ ) においては全然変化は現れなくても 0.8m ( $e_{0.1}$ ) 乃至 1.0 m 附近 ( $E_{0.1}$ ,  $N_{0.1}$ ) においては著しく減少していることが認められる。1947 年 9 月 15 日の抵抗値がそれで、地表に近い地鉄程減少が甚しい。その後更に 300mm. 以上の降水の後、同月 17 日に測定した結果を見るに、深さ 1.0m ( $E_{0.1}$ ,  $N_{0.1}$ ) 及びそれより地表に近いものは上昇して既に回復を開始し、而も地表面に近いもの程上昇の程度が大である。これに反して 2.5m 程度のもの ( $E_{1.5}$ ,  $N_{0.75}$ ) は

その頃になつて減少していることが分る。これは雨水の地中浸透の程度による変化の位相の遅れと思われる。これと全く同じ傾向を 1948 年 9 月 16 日～19 の観測結果に見ることが出来る。

以上を要約して大体次のことが結論される。

- 1) 一般に降水に対しては接地抵抗は減少する。
- 2) 降水 100 mm 程度に対しては（少くとも）0.8m より深い部分における接地抵抗には変化はないが、数日間連続した降水の後 100 mm 程度に達すると 1 m 位までの深さにおいて

は接地抵抗は変化を受ける。(即ち減少する。) この場合 2.5m 程度の深さでは尙変化は受けない。

- 3) 降水が止み、地中に浸透した雨水の通過し終つた後においてその部分の接地抵抗は回復(上昇)する傾向にある。

以上は降水に対する接地抵抗の変化の概要であるが、その原因としては浸透した雨水による地銀附近の温度の変化、或いは雨水による電極周囲の電解質溶液の濃度、従つてその電気伝導度の変化等種々の要素が考えられる。又雨水中に含有される不純物等の影響も考えられるが、これはこれに関する雨水観測の結果からは殆どその関係は見られない。これらの観測結果に対する詳細な考察は次の機会に譲りたいと思う。

以上接地抵抗測定の結果についてその大要を報告するに止めた。終りに瀧み終始御教示を賜つた吉松隆三郎技官に深く感謝の意を表するものである。