

比抵抗検層用ゾンデの形状特性

On the Geometrical Effects of the Normal Zonde for Resistivity Logging

山口久之助・渡辺浩三
Hisanosuke Yamaguti and Kōzō Watanabe

Abstract

On the well logging electrode constant of the normal zonde is usually applied " $4\pi \overline{AM}$." If the zonde is large size or short spread, its geometrical effects make an appearance and apparent resistivity obtained increase in error.

The writer now carried out experiments at Lake Sikotsu on the normal zondes and found geometrical characteristics of the zondes.

地下水井や温泉井の比抵抗ログから帯水層や湯層の所在とその物理性を知るには、使用ゾンデは short normal が適している。その理由として、地層界面位置の判定精度が高いこと、薄層を通過するときのログの反転現象が抑圧されること、帯水層の見掛比抵抗値が泥水侵入帯のそれとなるために地層係数の決定が容易となることなどがあげられる。これらの長所を生かすには、電極間隔は孔径の $\frac{1}{2}$ ~4 倍の間で 2 種をとればよいことになる。

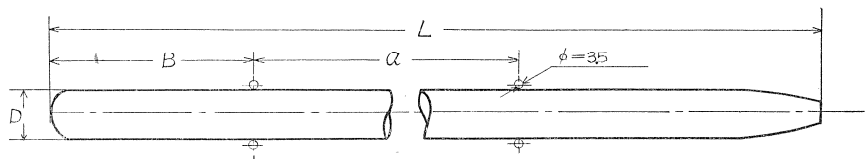
ところがこのような short normal では、見掛比抵抗の算出に点電極の式の間隔定数 $4\pi a$ をそのまま用いると、かなりの誤差を生ずることが考えられる。間隔定数をも含めた電極定数を正確に決定することは別段むづかしい仕事ではないが、これには均質な導電媒質をいれた巨大な恒温槽を必要とする。したがって、どこでも行えるというわけにはいかない。そこで筆者らは、支笏湖を利用して電極定数の形状特性を調べた。次にその結果について報告する。

実験場の状況は下記のとおりである。

実験日時	1959. 8. 12 P.M.
位置	モーラップキャンプ場沖約 500 m
水深	200 m 前後 (182 m と 215 m を実測)
水温	水面 19.0°C, 湖底 5.4°C
気温	21~23°C

実験用ゾンデは第 1 図の 3 本で、材質はエスロンパイプ、これに重錐として鉛棒を封入した。電極配置は 2 極系とし、遠電極は湖面に浮べた。 $\overline{P_1C_2}$ は約 50 m、湖面上ではゾンデと遠電極の間隔は不定である。ゾンデは下端側の銅環を P_1 にとつてこれを固定し、上側の銅環を C_1 にとつて適宜な間隔 a がとれるようにした。抵抗測定は L-10 測定器による。

実験誤差を防ぐため、湖水比抵抗におよぼす水温と湖面の影響を認識しておく必要から、水温と比抵抗の垂直



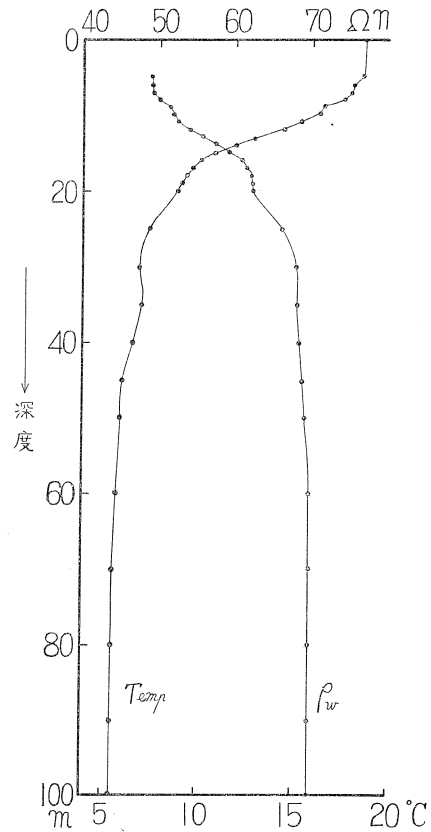
第 1 図 実験用ゾンデ

分布を測定した結果が、第2図である。図のように、水温は-5mと-15mで成層している。そして-70m以深では恒温とみなされる。比抵抗も、ほぼ同様な傾向を示し、-60m以深で安定している。ただし、この図の比抵抗には、形状係数の補正を施していない。ゾンデの型はNo.1に属し、電極間隔は19.4cmである。なお水温測定には、サーミスターの抵抗変化をホイートストブリッジの不平衡電流で読み、これを温度に更正した。

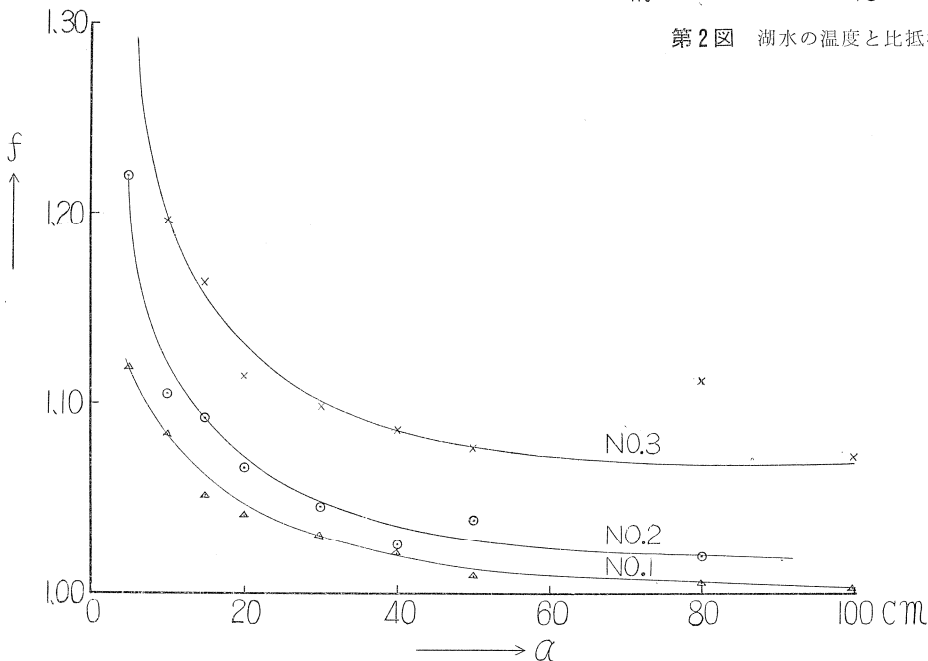
湖水の比抵抗は、湖面で不等間隔4電極系によつて測定した値が、19.0°Cにおいて49.3Ωm、水面下4mで等間隔4電極系によつて測定した値が、18.7°Cにおいて49.2Ωm、実験室の電槽で求めた値が、18°Cにおいて51.6Ωmである。これらのいずれが真値に近いかは判断できないが、実験用ゾンデの特性試験結果では、-70m以下で68.8Ωmという値が真実らしい。この値を水面温度19°Cに換算すると49.0Ωmとなる。(香山らの調査報文によれば、支笈湖水の垂直的な水質変化は表層にはみられるが底層にはほとんどみられない。この報文には、-50m以下において11°C、68Ωmと記載されている。)そこで筆者らは、-70m、5.6°Cにおける68.8Ωmを標準値とした。

実験用ゾンデの抵抗測定値は第1表のごとくである。この表で深さ∞とは、抵抗値の安定する仮想深度である。

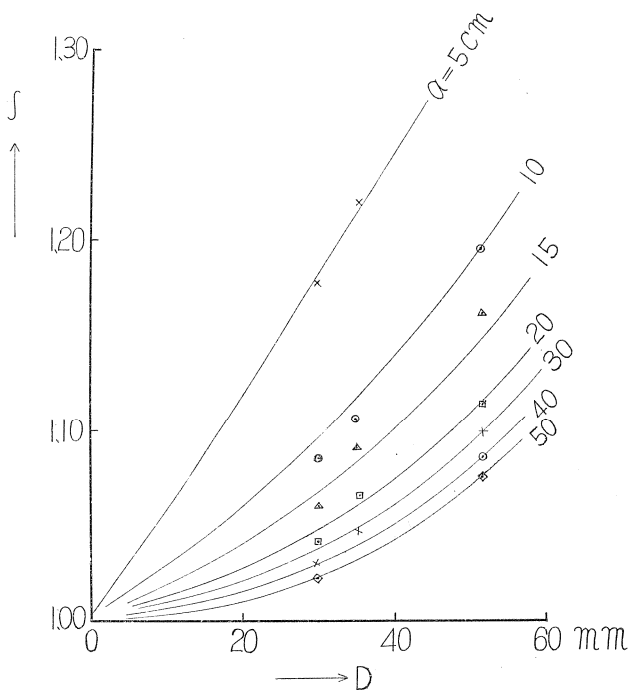
測定抵抗値をR、ゾンデの形状係数をfとすると、比抵抗の式 $\rho_w = 4\pi\alpha R f$ からfが算出される。このfを第2表にかかけ



第2図 湖水の温度と比抵抗



第3図 電極間隔と形状係数



第4図 ゾンデの太さと形状係数

第1表 実験値 (単位Ω)

ゾンデ a (cm)	No. 1						No. 2						No. 3					
	10	20	30	40	50	∞	10	20	30	40	50	∞	10	20	30	40	50	∞
5	74.0	90.0	95.0	97.5	98.0	98.5	72.5	84.5	92.0	94.5	95.0	95.5	65.0	77.5	83.0	85.5	87.0	87.2
10	40.0	49.0	51.0	53.0	53.0	53.5	39.0	46.5	51.0	52.5	52.5	52.5	35.0	42.5	46.0	47.5	48.0	48.5
15	27.5	33.0	35.0	36.0	36.5	36.8	26.3	31.2	33.0	34.5	35.0	35.4	24.5	30.0	32.0	32.5	33.0	33.2
20	20.6	25.0	26.8	27.4	27.5	27.8	20.4	24.05	26.0	26.7	27.0	27.2	19.0	23.0	24.9	25.5	25.9	26.1
30	13.8	16.9	18.0	18.4	18.5	18.8	13.5	16.27	17.7	18.1	18.3	18.5	13.0	15.5	16.7	17.3	17.5	17.6
40	10.5	12.8	13.7	13.9	14.0	14.2	10.38	12.5	13.5	13.9	14.1	14.2	9.6	11.6	12.6	13.0	13.2	13.3
50	8.5	10.5	11.1	11.15	11.2	11.5	8.0	10.1	10.75	10.9	11.05	11.1	7.55	9.4	10.2	10.5	10.75	10.8
80	5.45	6.8	7.15	7.2	7.2	7.2	5.05	6.25	6.65	6.95	7.10	7.10	4.5	5.7	6.2	6.45	6.5	6.5
100	4.25	5.3	5.8	5.85	5.8	5.8							3.5	4.5	5.0	5.15	5.3	5.4

第2表 形状係数

ゾンデ a (cm)	5	10	15	20	30	40	50	80	100
No. 1	1.177	1.083	1.051	1.041	1.030	1.023	1.009	1.005	1.000
No. 2	1.219	1.105	1.092	1.065	1.045	1.024	1.038	1.020	
No. 3	1.327	1.196	1.163	1.113	1.098	1.086	1.076	1.112	1.072

る。また f と a および f とゾンデの直径 D との関係は第3図および第4図のようになる。

これらの図から、比抵抗検層が使用するゾンデは、電極間隔がせまいほど、また直径が太いほど、測定値に誤

差をもたらすことがかわれる。しかし間隔定数 $4\pi a$ と形状係数 f との積を電極定数とすれば、正しい見掛比抵抗値が定められる。

参 考 文 献

- 牧野直文： 井戸内地層の電氣的測定 (I), (II) 電気試験所彙報 Vol. 18, No. 8, No. 9, 1954
M. R. J. Wyllie; The fundamentals of electric log interpretation—Academic Press Inc., 1954
R. I. Martin; Fundamentals of electric logging—The petroleum publishing Co., 1955
Schlumberger Well Surveying Corporation—Documents No. 8
山口久三助・小原常弘： 地下水および温泉の電気検層資料 北海道地下資源調査所報告 No. 17, 1957