

技術情報連絡会資料

－ 接地と接地抵抗の測定について－

平成26年12月19日

後藤 正

1. 接地（アース）

接地（アース）とは

“接地（アース）する”とは、電気機器や電路を電荷の流入、流出によって電位が変化しない点に電氣的に接続することです。電荷の移動によって電位が変化しないのは、“接地する”側の物理的な大きさが、“接地される”側の供給電荷量に比べて大きいからです。これは、大きな池にスプーン1杯の水を注いでも、池の水面の高さは測定できるほどの変化がないのと似ています。

池の中にスプーン1杯の水（電荷）を垂らしても、水面の高さ（電位）はまったく変化しない。

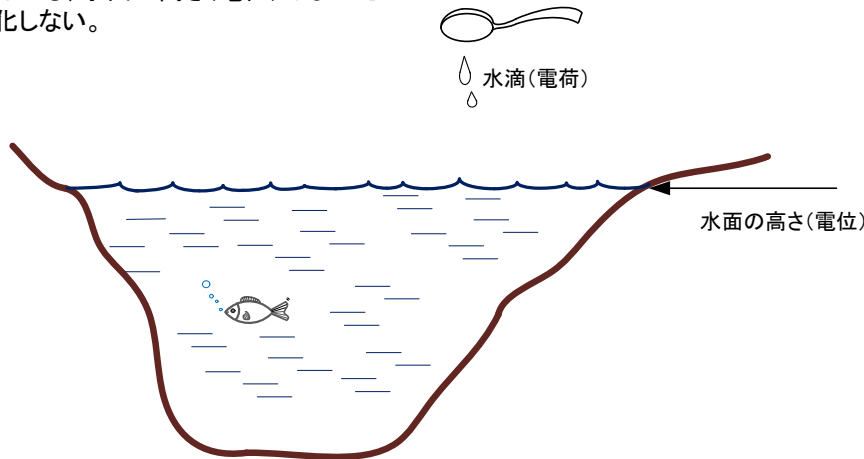


図1

したがって、接地は我々の身近な最も大きな導電体、大地（地球：アース）に施されるが、電子回路のような供給電荷量が小さなものであれば、室内に置かれた比較的大きな植木鉢、バケツ一杯の塩水にでも安定動作用（機能接地）の接地として使用可能です。

2. 接地抵抗

1) 接地抵抗とは

“接地抵抗”とは、電気機器、電路などを大地と接続した時に電気の通りにくさを示す値です。このとき、接地線（アース線）や接地極の抵抗は、銅製やアルミ製のため問題となりません。また、接地極と大地との接触抵抗もそれらが十分に密着するようにすることで小さなものとすることができます。しかし、電流が最終的に流れ出て行く大地の持っている抵抗の性質を変えることは困難です。したがって、接地抵抗は“大地の持つ電氣的な性質（大地抵抗率）”に大きく依存しているということになります。

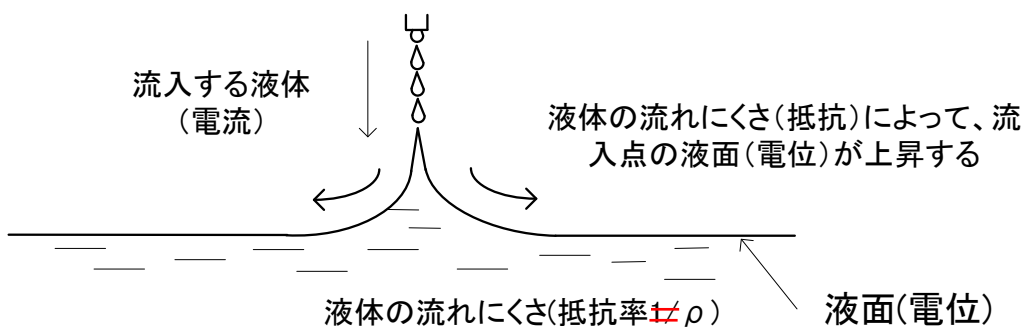


図2

2) 接地抵抗の定義

ある接地極に接地電流 I [A] が流入すると、大地の固有抵抗によって接地極付近の電位が E [V] だけ上昇します。このときオームの法則により、

$$R = \frac{E \text{ (V)}}{I \text{ (A)}}$$

となり、この抵抗 R [Ω] を接地抵抗とします。但し、電位 E (V) は、図 2 からわかるように電流の流入・流出のないときの液面の高さから、流入・流出することによって、どれだけの液面（電位）が変化（電位差）したかを表しています。電気的には流入・流出によって影響を受けない無限遠の位置を基準として、電位の上昇を測定します。

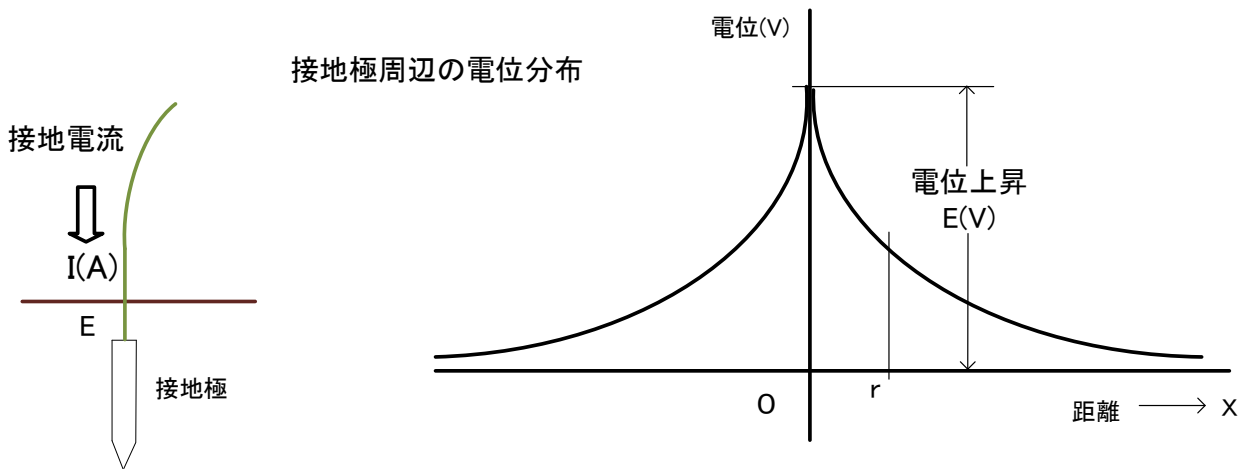


図 3

図 3 のような棒状で先端が半円の接地極のとき、電位の上昇 E は

$$\begin{aligned} E &= - \int \frac{I \rho}{l 2 \pi x + 2 \pi x^2} dx && \begin{array}{l} l : \text{接地極の長さ} \\ \rho : \text{固有抵抗} (\Omega \cdot \text{m}) \end{array} \\ &= - \frac{I \rho}{2 \pi} \int \frac{1}{lx + x^2} dx \\ &= - \frac{I \rho}{2 \pi} \int \frac{1}{x(l + x)} dx \end{aligned}$$

したがって

$$= - \frac{I \rho}{2 \pi} \int \frac{1}{l} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{l + x} \right) dx$$

区間 ∞ から r まで積分すると

$$E = - \frac{I \rho}{2 \pi l} \left([\log x]_{\infty}^r - [\log(l + x)]_{\infty}^r \right)$$

$$= \frac{I \rho}{2 \pi l} \log \left(\frac{l}{r} + 1 \right)$$

接地抵抗 R は

$$R = \frac{E}{I} = \frac{\rho}{2 \pi l} \log \left(\frac{l}{r} + 1 \right)$$

となります。

電位上昇値 E は距離 r に反比例して小さくなっていき、接地極から 10 m 程度離れた地点では、電位の下降傾度はほとんど平坦と見なせるようになります。理論的な電位の計算では無限遠を基準点としましたが、実際の測定ではそのようなことは不可能なので、この平坦になった地点のどこかを基準点として、接地極との電位差を測定し接地抵抗を求めています。

3) 接地抵抗測定

測定の原理

接地抵抗の定義どおりに接地極に交流電流を流し、その点の電位の上昇を測定し、計算によって抵抗を求めています。

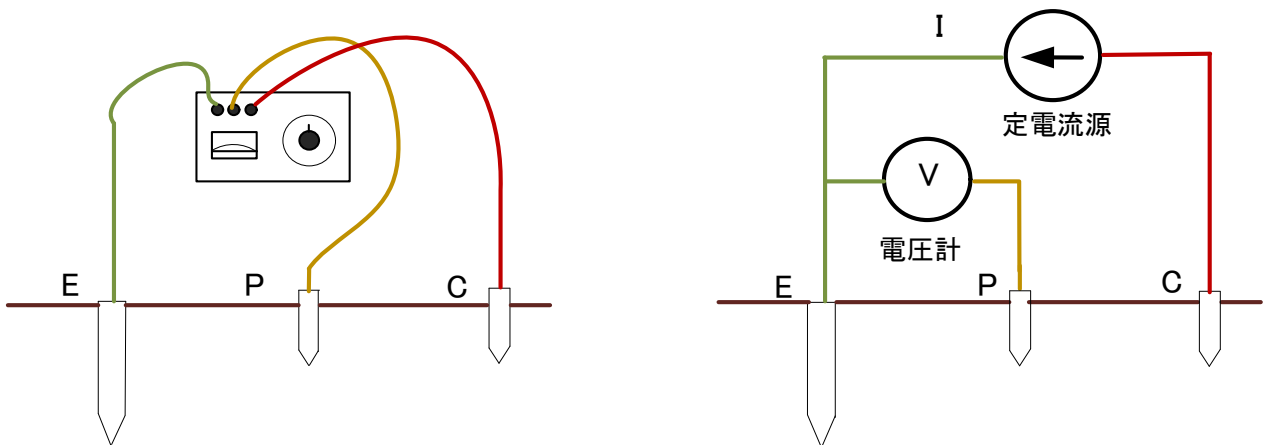


図 4

図 4 の場合は、接地抵抗計は接地極 E と電流補助極 C の間に定電流 I(A) (40 mA) を流し、上昇する電位を電圧補助極 P (電位傾度がほぼ 0°、平坦な点に打ち込まれている) と E 間の電位差 E_p として測定し、その電圧と平衡する抵抗値をダイヤルを回すことによって直読できるようになっている。

3. 測定の問題

実際に接地抵抗測定試験を行ってみると様々な現象にぶつかり、果たして、測定した値は正しいものなのか判断に迷うことがあります。下記のような場合、測定値はほんとうに正確であるかどうか、測定原理にまで遡って検証してみます。

1) P, C の補助極の位置を変えるとまったく異なる抵抗値を示す。

この場合は補助極 P の打ち込み位置のエラーと思われます。

P 点が電位傾度 0° の場所に打ち込まれていれば、E 点から見て P の方向、距離の違いによる接地抵抗値の差はほとんどありません。しかし、P が電位傾度が 0° ではない所に打ち込

まれていれば、Pの位置が少し変わっただけで測定値は大きく変わります。この場合は、Pの位置をEから遠ざけていき、測定値が変わらなくなれば、そこが電位傾度 0° の点です。

また、P点をEから遠ざけ、C点に近づくほど測定値が変化し始めたなら、今度はC点の電位下降(E点とは逆の電位変化が起きている)の影響を受けています。C点をEから遠ざけるようにして再度測定します。

2) 接地抵抗計の電圧チェックで、電圧を検出したとき。

電圧チェックは接地電流(試験電流 定電流)を流す前に、EP間に大地電流、電圧がないかを調べています。もし、この間に電圧(電位差)が検出された場合、試験電流注入による電圧と重畳し正確な接地抵抗を測定できなくなってしまいます。また、もし、このチェック電圧が 30 V を越えているときは、このまま試験電流を注入すると定電流回路に悪影響を及ぼすといわれているため、測定を中止しなければなりません。

3) 機器や電路を接地極に接続したまま接地抵抗計で測定した場合

接地極に接続された機器、電路の一部が建物鉄骨などに電氣的に接続された状態のときは、E,C間を流れる接地電流(試験電流 定電流)が機器、電路側に分流し、E点の電位上昇は低下する。そのため、このような状態で測定した接地抵抗値は接地極だけの状態で測定したものに比べ常に低い値を示す。

4) 接地抵抗値が $0.0\ \Omega$ 以下と表示されてしまう。

接地極が、近くにある長大な導電体(建物の鉄骨、パイル、埋設された金属管など)と電氣的につながっている状態と思われます。接地極が地中に広くかつ深く埋設された状態です。このようなとき、接地電流による電位傾度は接地極から 10 m 以上離れていてもな平坦にならず、時にはそれが数百メートルにも達する場合があります。このため、電圧補助極Pの位置が 10 m 程度離れていても、Pの電位が接地極電位上昇値とほとんど変わらず、むしろ上昇する場合もあるため、 $0.0\ \Omega$ かそれ以下と表示されてしまいます。

5) 設備が稼働中(活線状態)に接地抵抗の測定を行った。なにか不都合なことがあるだろうか。

接地電流(試験電流 定電流)を流すことによる接地極の電位上昇は $0.05\text{ (V)}\sim 10\text{ (V)}$ 程度なので、接地極に接続されている機器に悪影響を与えることはほとんどないと思われる。但し、B種接地線を通して、機器には接地電流($100\text{ Hz}\sim 1\text{ kHz}$)が流れる可能性があります。

6) 補助極として金属製ポール、金属フェンス(地中にコンクリート基礎で固定)、電柱の支線などを使用した場合。

7) 補助極の打込み位置が確保できないため、P,CをEから見てほぼ等距離で角度を変えた点に打ったが、測定に影響を与えるか。