樹木の根の接地抵抗評価法

正 員 福馬 均* 非会員 田中 京子**
正 員 山浦 逸雄**

An Evaluation Method of Ground Resistance of a Tree

Hitoshi Fukuma*, Member, Kyoko Tanaka**, Non-member, Itsuo Yamaura**, Member

It is important to monitor the growing state of tree roots without digging the soil away from the bottom of the tree. Ground resistance of tree roots indicates the grade of the growing state. However, ground resistance of the tree is modified by resistivity of the soil. This disables the comparison of the growth level of trees in different places. In order to make the comparison possible among them without influence of soil resistivity, the value of ground resistance of the tree is converted to that of a metal disk electrode. If we know the soil resistivity, a radius of the disk becomes to be known. This disk radius is called the equivalent radius. Using the equivalent radius, we can estimate the growth level of trees growing in different places evenly. The results of field studies on some trees are shown.

キーワード：樹木，接地抵抗，生長，幹，等価半径

Keywords: tree, ground resistance, growth, trunk, equivalent radius

1. まえがき

植物/樹木の生長は根の発達と共にあるので，根の発達状態をモニタすることは重要である⁽¹⁾。土を掘り起こさずに非破壊的に根の発達状態が何らかの形で継続的にモニタできれば便利である。そのひとつの方法として，土中における根の発達状態を接地インピーダンスという形で捕らえることができないかを検討し，その測定法を確立した⁽²⁾⁽³⁾。すでにいくつかの樹木において測定を行ってきたが，樹木の接地抵抗は地中および根の部分の水分量および土壌の性質に関係すると考えられたので，単純に測定値の大小によって根の発達状態を評価することは困難であることがわかった。これら関係量のうち根自身の水分量を除けば，大地比抵抗によってそれらの影響を代表できる。したがって，大地比抵抗の異なる場所に生育する樹木間の比較を行うためには，まずそれぞれの土地の比抵抗を同時に測定し，これを接地抵抗値に反映させればよい。このひとつの方法として，接地抵抗を円板状接地電極の等価半径に換算することを考えた。これによれば，樹木の近似実半径と等価半径との比較によって，根の発達状態の指標を個々の樹木について得ることができる。また，大地比抵抗の異なる場所に生育する樹木の相互比較も一律に可能となる。以上のような

評価法を考案し，何種類かの樹木を対象として測定，評価を試みたので報告する。

2. 評価指標

〈2・1〉 根の等価半径 樹木の接地抵抗は，本来複素インピーダンスとして扱うべきところであるが，実測によれば，一般に虚数部の値は実数部に比べて十分小さいので⁽²⁾，研究の初期段階として，接地抵抗を純抵抗として扱うことを始めに断りおく。接地抵抗は，一般に大地比抵抗 ρ と接地電極の形状と寸法で決まる関数 f との積で表される⁽⁴⁾。大地比抵抗 ρ が既知ならば接地抵抗値から関数 f の値が求まり，形状と寸法に関する情報が得られる。しかし，樹根の場合は形状が複雑なので，関数 f を簡単な形で表すことはできない。根のサイズ等物理的なイメージと結びつけるため金属円板電極の半径に換算することを考える。地表面に接する半径 r の金属円板電極の接地抵抗 R_d は

$$R_d = \rho \frac{1}{4r} \dots\dots\dots (1)$$

で与えられる⁽⁴⁾。この場合，関数 f は $\frac{1}{4r}$ である。一方，樹木の関数 f は接地抵抗 R_r を大地比抵抗 ρ で割ったものである。両者の f が等しいとすると，樹木の接地抵抗 R_r と等しい値をもつ金属円板電極の半径 r_e は

$$r_e = \rho \frac{1}{4R_r} \dots\dots\dots (2)$$

となる。ここで r_e を樹根の等価半径とよぶことにする。樹木の生育場所の大地比抵抗 ρ と樹根の接地抵抗 R_r を測定す

* 信州短期大学 〒385-0022 長野県佐久市岩村田 2384
Shinshu Junior College,

2384, Iwamura, Saku-shi, Nagano 385-0022

** 信州大学 〒386-8567 長野県上田市常田 3-15-1
Shinshu University,
3-15-1, Tokida, Ueda-shi, Nagano 386-8567

れば、対象樹木の根の等価半径 r_e がわかる。等価半径が大きければ、それだけ根が地中によく発達し、根と土が電気的によくなじんでいると考えられる。等価半径の大小だけでも異なる場所に生育する樹木間の比較は可能であるが、樹木の生長と共に幹も太くなるので、幹の横断面を円形と近似した根元幹径に対する等価半径の変化も調べれば、樹木の生長に対する根の発達指標が得られよう。

〈2・2〉 等価半径と根元幹径の比 図1に樹木の接地モデルを示す。根の接地抵抗測定においては、幹の上部の電流注入用電極に電流 I を流し、その電極の真下を幹中心からの偏移角 0° として偏移角 $56^\circ \sim 114^\circ$ 、 $-56^\circ \sim -114^\circ$ の範囲内に取り付けたひとつの電位測定用電極により電位を測定すれば正確な接地抵抗値が得られる⁽³⁾。これは、ちょうどここに幹径と等しい金属円板をおいて根元以下の接地抵抗を測定したと等価である。もし、この円板電極の下に根がなければ式(1)で示した円板による本来の値 R_d が得られる。ところが、その下には通常、大地比抵抗より小さい比抵抗をもつ根の組織が存在するので、樹木の接地抵抗は円板電極のそれより小さくなるはずである。等価半径で考えると、幹根元の実半径 r より等価半径の方が大きくなる。すなわち、 $r_e/r > 1$ となるはずである。 r_e/r をここでは単に半径比とよぶが、この値は根元幹の太さが同じ樹木であっても、半径比の違いによって地下の根の発達にどれほどの違いがあるかを知る手掛かりを与える。また、ひとつの樹木をとっても生長とともに半径比がどのように変化するかを知ることは、植物の生長と根の発達について新しい知見を与えるかもしれない。

3. 実験方法および実験材料

樹木の接地抵抗測定法は4電極法⁽²⁾⁽³⁾に基づいている。測定器はLCRハイテスタ(日置電機社製:3522の4電極改造型)を用いた。幹に設ける電極はステンレス製の木工ネジ(直径3mm、長さ3cm)を用いた。大地比抵抗の測定にはウェンナーの4電極法⁽⁴⁾を用い、測定器には上と同じものを使用した。測定周波数は、通常の金属電極の接地抵抗測定に用いる1kHzとした。測定樹木の種類と対象場所における大地比抵抗値を表1に示す。

4. 結果および考察

図2に測定樹木の根元幹半径に対する等価半径 r_e の分布を示す。全体的にみると、幹半径の増加に伴い等価半径は増加傾向にある。これは樹種を問わず、生長して幹が太くなれば当然根も大きくなるからである。計算によると、等

図1 樹木の接地モデル

Fig. 1. A grounding model of a tree.

表1 実験材料と大地比抵抗

Table 1. Materials and soil resistivity.

Kind of tree	$\rho(\Omega \cdot m)$	Place
Larch1,2,Oak1,Red pine	173-310	Saku-shi hill
Kobus,Maple,Oak2		
Zalkova1,2,3,Chelly	43-62	Saku-shi riverside

Measurement date:2002/7/5~12

図2 幹半径に対する等価半径

Fig. 2. Equivalent radius vs. trunk radius.

価半径の増加は幹径の約1.5乗に比例したが、この値が意味あるものかどうか今後モデルによって検討する必要がある。図3には半径比を幹半径に対してプロットした結果を示す。半径比は1より大きくなるはずであるが、ほとんどが予測に反し1以下となった。この理由としては根にも表皮があり、この部分の抵抗が高いためと考えられた。

図3 幹半径に対する半径比

Fig. 3. Radius ratio vs. trunk radius.

5. むすび

樹木の接地抵抗に大地比抵抗の寄与を考慮し、金属円板電極の等価半径および等価半径と幹半径との比を評価指数とする根の評価法を提案した。これによれば、大地比抵抗の異なる場所に生育する樹木の発達状態も一律に評価することが可能となる。なお、本研究の一部は科学研究費によって行われた。

(平成14年7月26日受付,平成14年9月30日再受付)

文 献

- (1) A.L.Smit, A.G.Bengough, C.Engels, M.van Noordwijk, S.Pellerin, and S.C.van de Geijn: "Root Methods", Springer (2000)
- (2) I. Yamaura, T. Hagimoto, M. Yajima, K. Tanaka, and H. Fukuma: "A Measurement Method of Earth Impedance of a Tree", *T.IEE Japan*, 120-C, pp.434-439 (2000-3)
- (3) H. Fukuma, K. Tanaka, I. Yamaura: "Electrode Arrangement for Measuring Earth Resistance of a Tree", *T.IEE Japan*, 122-C, pp.1159-1165 (2002-7)
- (4) 川瀬太郎: 接地技術と接地システム, オーム社 (1993)