

# 寒冷地における接地に関する研究(第一報)

## —地中温度と接地抵抗の関係について—

高木 三郎・川嶋 良昭

Studies on the Earthing in Cold Northern Districts (1st Report)

—With Special Reference to the Relation  
between the Earth Temperature and the Earth Resistance—

Saburō TAKAGI · Yoshiaki KAWASHIMA

### 1 緒 言

電気機器使用上、安全のため必要あるものは接地することが法規に定められているが、この接地は非常に吟味されたものでなければならない。特に工場の小型電動機や家庭の井戸ポンプ・洗濯機などについては、法規では一番ゆるい第三種接地工事、すなわち接地抵抗  $100(\Omega)$  以下と定められているので、非常に軽く考えられがちであるが、このことは電気技術者においてさえもそうであって、危険なことで、<sup>1)</sup> 接地しているにもかかわらず感電事故が発生している例がある。(この点から最近法規で漏電しや断器の設置が定められ、やがて家庭にも及ぶものと思われる。)

このように大切な接地工事が実際はどうなっているものか、また安全性はどうかということについて筆者らが実際測定したことがあるが、<sup>2)3)</sup> その結果はほとんどが、漏電した場合感電事故を発生するおそれのある対地電圧  $40(V)$  を大きくこえると言う極めて危険な状態にあった。

しかも実測の結果、寒冷地では第1図に見られるように、工事を簡単にすると冬季に接地抵抗が増大し危険な状態になり得ることも明かにされている。<sup>4)</sup>

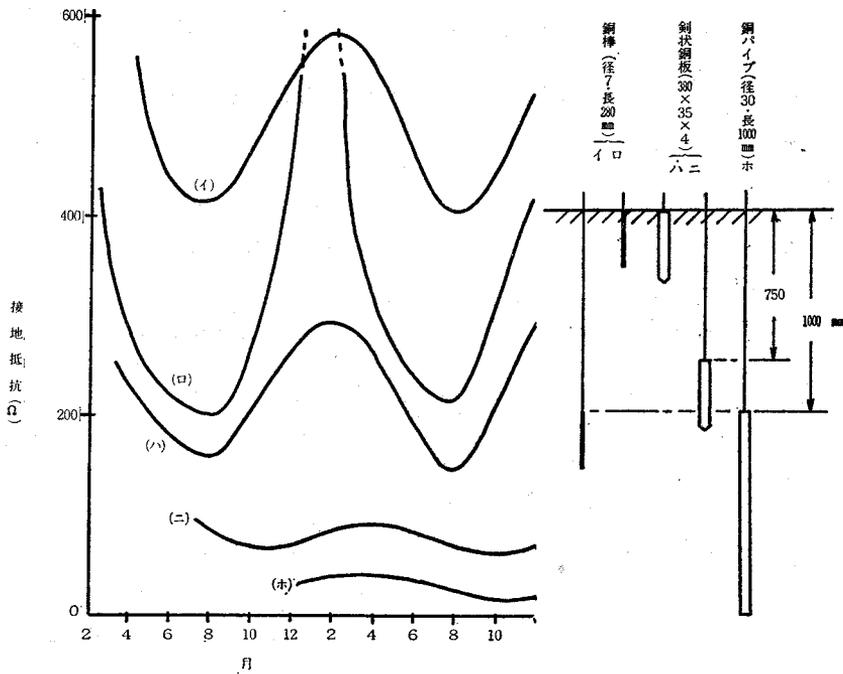
そこで筆者らは、接地抵抗が寒冷地ではどのように変化するか、またその主な原因は何であるかなどの基礎的な問題を先ず探究し、その結果をもとにして、寒冷地における接地工事の際留意すべきこと、及び安全性を高める方法を見出そうとし2年前から実験を続けて来たが、季節による地中温度と接地抵抗の変化の状態の測定実験、及び電熱線を用いて地中温度を局部的に一定に保つての関連実験の結果、地中温度と接地抵抗の関係がほぼ明らかになったので報告する。

### 2 実験(1) —季節による接地抵抗の変化

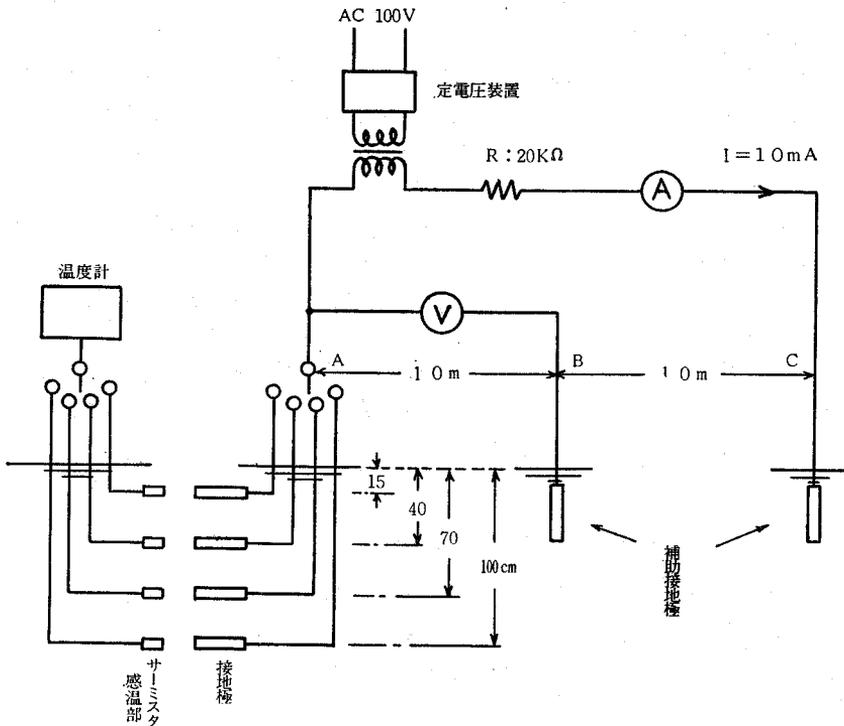
法規では埋設の深さは  $75\text{cm}$  以上となっているが、寒冷地の場合季節によりどの程度変化するものであるかを測定し、安全性を確かめると共に、規定より浅く埋設するものも設けて地中温度の影響を見ようとして行なった実験である。

#### 1 装置

全体の構成は第2図に示した。Aは測定接地点で、接地極は市販の鉄に銅被覆をしたものを



第1図 接地法と接地抵抗変化の一例



第2図 測定回路の構成

第3図に示すように30cmに切断して用い、深さは、1m, 70cm, 40cm, 15cmの所に水平に埋設した。（普通、接地棒の時は鉛直に埋設するのであるが、この実験では深さによる違いを見出すために水平にした。）

設置場所は当岩手大学教育学部構内の西側の植物園の一隅で、草地が多く、かつ昔河床であった所で土壌は下層部が砂分が多くなっている。

なお、接地極の埋設はこの実験を本式に開始する約1年前に行なったもので、大きな穴を掘ってその側面にさし込み、土は掘った時の順にできるだけもとの状態になるように埋めておいたものである。

B, Cは補助接地極でA, B, Cが一直線上にあつてそれぞれ10mの間隔にしてある。

電源には交流定電圧装置を用い、変圧器の二次側は約200VとしAC間の大地に常に10mAの交流が流れるようにした。（接地抵抗の変化量は直列抵抗 $R: 20k\Omega$ にくらべて極めて小さいから電流の変化は無視できるものとした。）

電圧計でAB間の電圧を測定し、その値を電流（10mA）で割って接地抵抗とした。電圧計はインピーダンスの高いデジタル型あるいは真空管電圧計を用いた。

温度計はサーミスタ式で、各埋設電極の近くに感温部を埋設し地中温度を測定した。

なお、打点記録型レコーダとタイマによって駆動する切換用ロータリスイッチを用いて自動記録も行なったが、レコーダが小形で読み取りが困難な上、信頼度が低いのでその結果は参考程度とし、毎日直接測定記録し、それを実験結果として用いた。

なおまた、土壌水分測定用として、石膏のブロックの中に2本の電極を封入した吸水素子を地中に埋め、その抵抗値を測定し、予め作成しておいた校正曲線から水分含有率を知る方法を試みたが、校正が極めて困難な上、温度が大きく影響するので、長期間で温度変化の範囲の広いこの実験には不適當なことが判明したためその結果は参考にするとどめ、実際の水分測定は直接杖状の採土器で採ったものを乾燥器で乾燥し、その重量変化から算出した。

## 2 結果及び考察

第4図が接地抵抗並びに土壌水分含有率の測定結果であるが、接地抵抗は各深さのものが同時に着いた状態を示した昭和46年4月14日のそれぞれの値を100%とし百分率で表わし変化状態を検討しやしくしたもので、それぞれの100%の場合の実際の抵抗値は図中に示した通りである。（この値が深さにほとんど関係ないのは、土の層の性質、埋設した時の土との接触状態などによるものと思われる。）

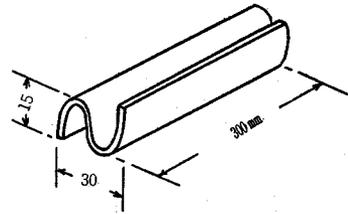
なお、この図では滑らかな曲線で示してあるが、実際の毎日の測定結果にはある程度のばらつきがあった。これは雨やその日または前夜の外気温の影響によるもので浅いもの程大きい。それで、この曲線はこれらの大体の平均的な所にひいたものである。

図中上部に示した土壌水分含有率は深さ70cmの所のもので、前述したように当初は信頼できる結果が得られず、途中から直接採土して測定したものであるが、測定回数は多くないがほとんど変化が見られない。

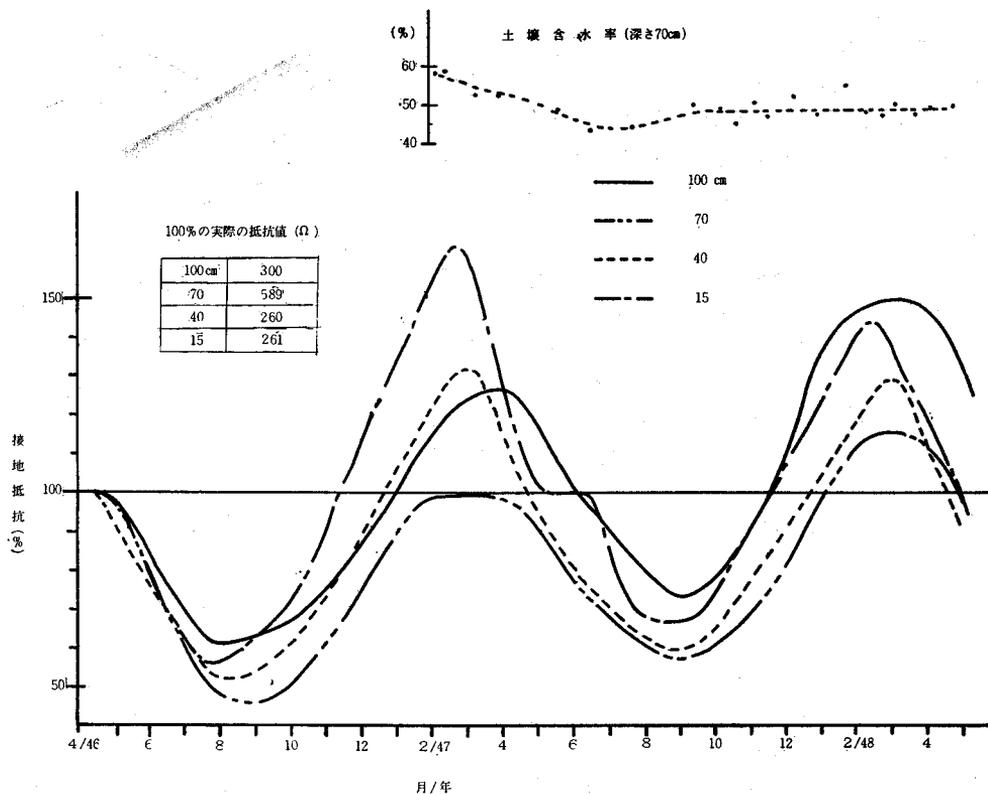
第5図は同時に測定した地中温度の曲線であるが、この場合のばらつきは深さ15cmのもの以外は極めて少なかった。

この両図から次のようなことが考察される。

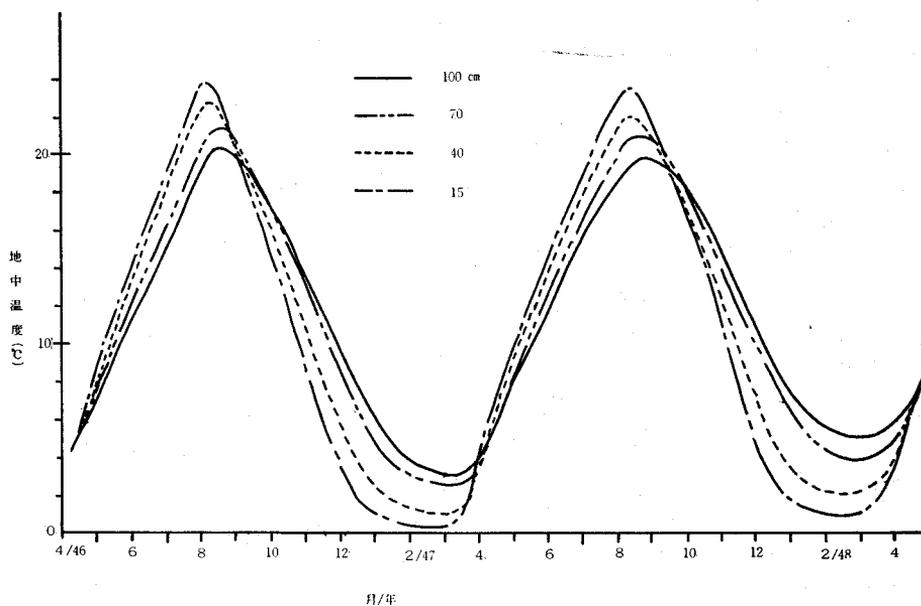
(1) 地中温度は年によって最高最低に若干の差はあるが極めて規則正しい変化をしている。



第3図 接地極



第4図 接地抵抗と土壌含水率の変化

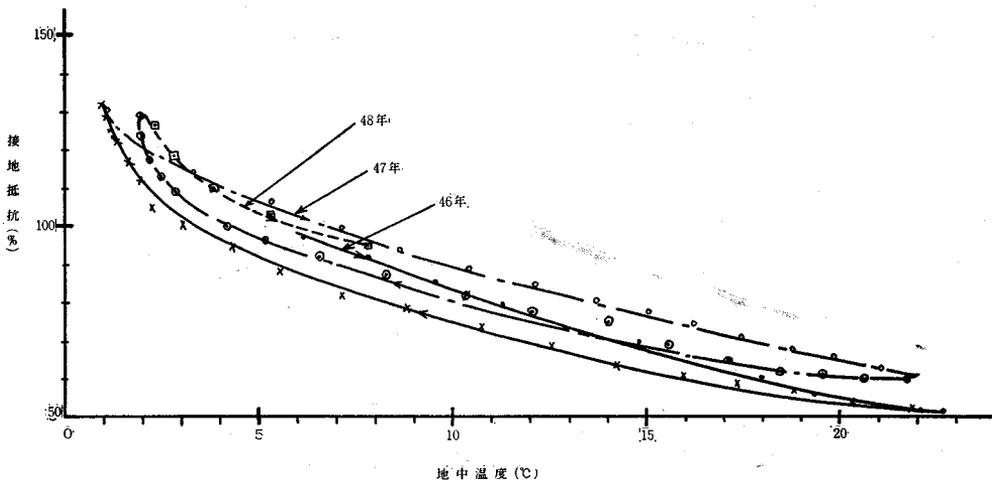


第5図 地中温度の変化

- (2) 季節による地中温度の変化に従って接地抵抗が大きく変化することは当然ではあるが予想通り明確に現われている。
- (3) しかし、70cm、1mと言う深さにおいても地中温度、抵抗ともに大きく変化しているのは全く予想外であった。これは前述したように深い所は砂分が多く、地下水が浸透して来るなどの現象が起きているのではないかとすることも考えられるが、1mの所でも接地抵抗が±30%ぐらいの変化をしていることを考えると冬季に対して充分考慮し、低い抵抗値を得るように接地しなければならない。
- (4) 各深さの抵抗変化の状態について見ると、15cmのものは外気温や雨などの影響を受けやすいが、他のものに比べて冬季に大きく増加している割には夏季にそれ程減少していない。これは温度が高くとも水分が相当少なくなっているものと思われる。これらを見ると当然ではあるが、15cmぐらいの深さの接地は不適當であることは明かである。40cmのものを見るとこれが最も一定の変化をしている。しかし、他も同じであるが、冬季と夏季の値の差が大きいことを充分考慮しなければならない。
- 70cm、1mのものは予想に反して変化が意外に大きいことは前述したが、そればかりでなく二年目の冬季に大きく増加している。これは土壌の関係などで接地極と大地との接触状態に変化が起き、埋設極が小さいだけにその影響が大きく現われたのではないかと考えている。そこで今後、砂分の少ない場所での実験や、普通の場合実際行なう長い接地棒を打ち込む方法によった時はどうなるかの検討が必要である。
- (5) この両図の結果から地中温度と接地抵抗の関係を出したのが第6図である。これは最も規則正しく変化している40cmの深さのものの場合であるが、他のものの場合も傾向としては同じようになっている。

これを見ると電解液の抵抗の場合によく似た変化をしているが、5℃以上では抵抗変化が極めて少ないであろうと予想していたが、<sup>5)</sup> 少ないとは言え予想より大きく大体一定の傾斜で変化している。5℃以下では急に変化が大きくなっているが、寒冷地の問題としてはこの点に着目しなければならない。

なお、年度によって若干のずれがあるが、これがそのまま増加していくのか、今年の



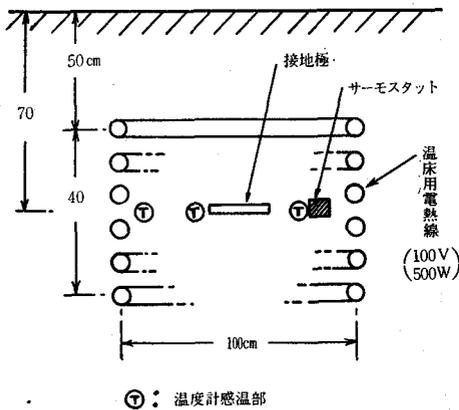
第6図 地中温度—接地抵抗

当初のように落着くのかは今後の結果を見なければ判らないが、もし増加するとすれば接地極の腐食などが生じているのではないと思われる。

### 3 実験(2)——地中温度を一定にした時の抵抗——

この実験の目的は次の2点である。

- ① 実験(1)で明らかなように季節によって地中温度が変化し、それにつれて接地抵抗が変化するが、地中温度を一定に保てば後は大体土壌の水分の含有度合の変化のみが接地抵抗を変化させるであろうが、その状態はどうであるかを知る。
- ② この方法によって年中良好な抵抗値に保てるのではないか、少なくとも寒冷地における冬季の抵抗増大と言う悪い状態を防ぎ得る可能性があるのではないかと言うことを確かめる。



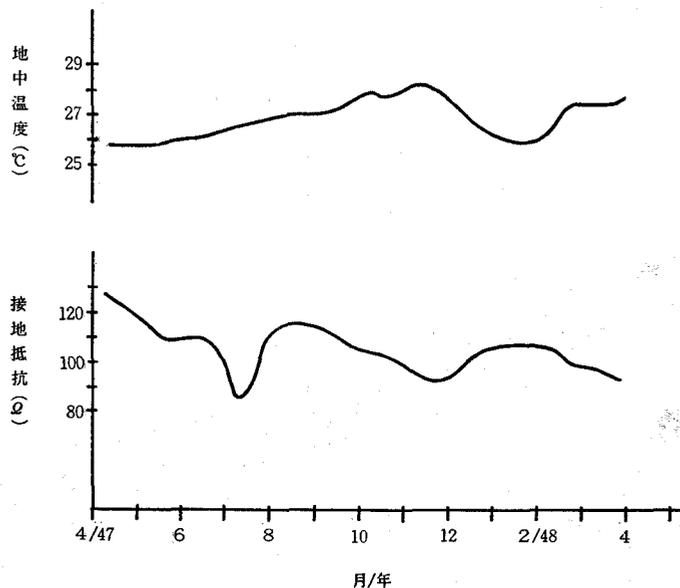
第7図 ヒータ

#### 1 装置

第7図のように電極の周囲に電熱温床用の電熱線(100V, 500W)をらせん状に埋設し、電熱線と電極の中間にサーモスタットを設置し、一定温度になるように自動的に電流を断続した。また、温度計の感温部は電熱線、サーモスタット、接地極のそれぞれの近くに埋設した。

#### 2 結果及び考察

第8図が結果であるが、温度を厳重に一定に保つことが困難で若干の凹凸があり、わずかに増加の傾向を示しているが範囲はせまい。抵抗は7月上旬に原因不明の一時的減少を



第8図 ヒータを用いた時の地中温度と接地抵抗

示している以外は、地中温度の増加に従って少しの減少を示しているだけで、ほとんど一定と見られ、温度が一定なら一定の抵抗になることを示している。47年4～7月の抵抗の減少は、埋設後なので土地になじむことによる普通の減少である。

ここで水分の問題があるが、前述した通りこの付近では抵抗に大きく影響するような水分の変化がないので、ほとんど地中温度のみによって抵抗が変化していると言える。しかし、土壤水分含有率を温度の影響を受けずに容易に測定することができるなら、この方法と合せて測定することにより、正確な結果が得られる筈である。

なお、このヒータを用いる方法については接地極の内部にヒータを封入して実験して見ることも計画している。その理由はこの温度が土壤の抵抗に影響しているのか、または接地極と土壤の接触面に影響しているのかを明らかにすることと、実用性の問題を検討する必要があるからである。

#### 4 結 語

以上を要約すると下記ようになる。

実験は次のような条件下で行なわれた。

- 1 接地極を埋設した場所はかつて河床であったため、土壤の深い所は砂分が多く、表面の大部分は草地である。
- 2 接地極は短小で、水平に埋設した。

実験の結果次のことが明らかになった。

- (1) 1 mの深さの所でも接地抵抗が±30%位の変化をしているので、冬季のことを考え充分低い抵抗値を得るように接地しなければならない。
- (2) 40cm以上深い所では、接地抵抗に影響するのは大部分地中温度であり、水分は大きな変化を与える程は変化していない。
- (3) 地中温度による接地抵抗の変化は電解液のそれに類似しているが、5℃以下で急激に増加するから寒冷地では充分の考慮が必要である。
- (4) ヒータ併用の接地極で上記(1)の結果が一層明確になったが、寒冷地の接地抵抗の良好な状態の保持のためにこの加熱の方法も一応考慮されてよい可能性を持っている。

なお、今後に残された問題としては次のようなことがある。

- 1 これらの問題は大形の接地極、または鉛直に打ち込む実用的な時にはどうなるのであろうかと言うこと。
- 2 水分との関係を更に明かにすること。(温度の影響を受けずに容易に地中水分を連続的に測定できる装置の開発。)
- 3 ヒータ併用の接地極の実用性の検討。

なお、実験場所の土壤に特殊な点があるので、他の場所でも実験を行なう必要があると思っている。

(昭和48年6月30日受理)

#### 参 考 文 献

- (1) 小林 勲 接地は感電を防止できるか(OHM誌 昭38年11月)
- (2) 畠山シヅカ 接地工事の安全度測定(昭和42年度岩手大学教育学部技術科卒業論文)
- (3) 高橋 栄幸 接地抵抗に関する一考察(昭和43年同上卒業論文)

- (4) 中野 義邦 接地に関する諸問題とその対策(昭和42年度同上卒業論文)
- (5) 接地工事設計施工マニュアル(電気設備工事技術研究協会編)