

# 凍結現象を考慮した土壌水分センサーのキャリブレーション Calibration of soil moisture sensor that considers frozen phenomenon

宮澤 智仁\* 高山 むつ子\* 星 透\*\* 藤井 克己\*\*\*

MIYAZAWA Tomohiro, TAKAYAMA Mutsuko, HOSHI Tohru, FUJII Katsumi

## 1. 概要

平成 16 年度に岩手県紫波郡矢巾町の煙山ダムに隣接する総合運動公園の一角で、寒冷地グラウンドにおける RC 工法（樹皮繊維のグラウンド混入工法）の有効性を確認する実証実験を行った。このとき土壌水分データと地温を測定し比較した。土壌水分センサーは ECHO プローブ(Decagon 社)を使用した。これは土の誘電率が体積含水率によって変化する特性を応用したセンサーである。初冬から春にかけて計測したところ、真冬の寒波襲来時、水分センサーの出力値が著しく低下した(図 1.2)

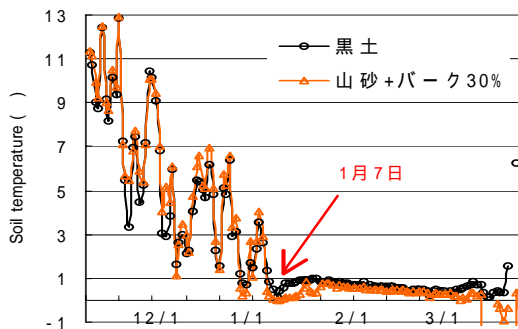


図 1. 煙山現地の日平均地温変化

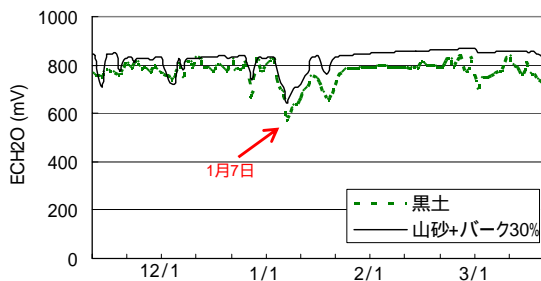


図 2 . 煙山現地 ECHO 出力値

この変化は土壌中の水分が凍結したためと考え

られる。これを室内試験にて確認し、ECHO プローブ出力値の変化を観測し、その特徴について考察することを本研究の目的とする。

## 2. 凍結室内試験

### 2-1 凍結試験方法

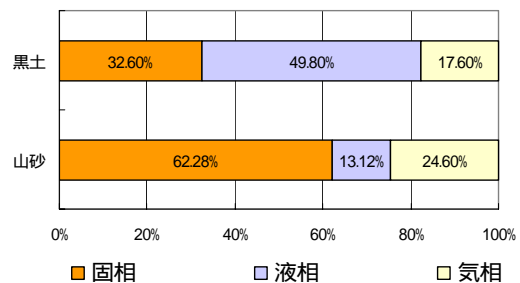


図 3 . 三相分布

図 3 の各試料を直方体容器 (7cm × 7cm × 20cm、容積 1000cm<sup>3</sup>) に所定の乾燥密度で充填し、これを横に設置した。ECHOプローブ 1 本を容器中央に埋設し、熱電対数本を深さと位置を変えて埋め込み、凍結時のプローブ出力値の変化と各場所の温度変化を測定した。チャンバー内の温度設定はまず約 20 にし、その後三日間-20 に設定し、最後に 25 に加温した。

### 2-2 凍結試験結果

図 4、図 5 に示すように ECHO プローブ出力値はチャンバー内の温度変化と時間のずれを伴いながら減少して一定となった。25 に加温するとほぼ開始時の値まで戻った。このことから、出力値の変化は土中水分の状態の変化によるものと考えられる。

\*岩手大学大学院農学研究科Graduate School of Agriculture,Iwate University \*\*岩手大学大学院連合農学研究科United Graduate School of Agriculture,Iwate University \*\*\*岩手大学農学部 Faculty of Agriculture,Iwate University キーワード:土壌水分測定, 土壌水分凍結, 誘電率

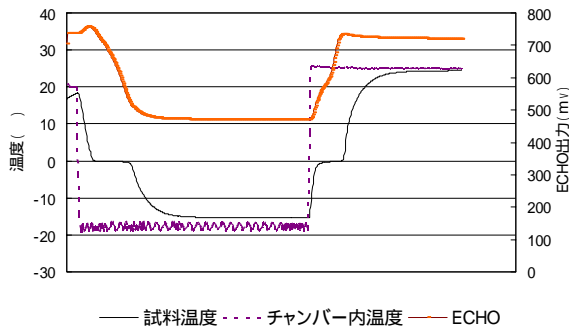


図 4. 凍結時の変化 (黒土)

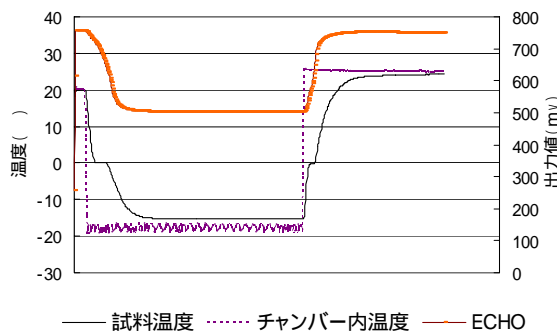


図 5. 凍結時の変化 (山砂)

### 3. ECHO プローブと誘電率の関係

ECHO プローブは周辺媒体の誘電率 をキャパシタンス変化に基づいて測定し、これを電圧 (mV) の変化として出力する。その測定原理は、周辺媒体 (土+水) のキャパシタンスと誘電率が比例すること、さらにこの誘電率と土の体積含水率が比例関係にあることに基づいている。よってキャパシタンスに対応する電圧値 (mV) を計測することにより土の体積含水率が測定できる。土の固相、水 (25 )、氷の誘電率 はそれぞれ 6、78.4、3.2 である。したがって水から氷に状態が変化すると は著しく減少し、プローブ出力値も同様に減少すると思われる。そこで下記の理論式に測定値を代入し、 を算出した。

$$\sqrt{\epsilon} = 1 + \frac{(\sqrt{\epsilon_s} - 1)\rho}{\rho_p} + \left\{ (\sqrt{\epsilon_w} - 1)\theta_w + (\sqrt{\epsilon_{ice}} - 1)\theta_{ice} \right\}$$

$\epsilon$ : 土全体の誘電率  $\epsilon_s$ : 固相の誘電率  $\epsilon_w$ : 水の誘電率  
 $\epsilon_{ice}$ : 氷の誘電率  $\rho_p$ : 土粒子密度  
 $\rho$ : 乾燥密度  $\theta_w$ : 水の体積含水率  $\theta_{ice}$ : 氷の体積含水率

### 3-2 プローブ出力値と誘電率の計算結果

黒土と山砂において、プローブ出力値の最大値から最小値への変化を、土中水の液状水から氷への変化と見なし、そのときのプローブ出力値を算出値 と対応させた (表 1)。プローブ出力値の変化は黒土では、常温での出力値 757.84mV を最大とし、凍結時の 470.07mV を最小値とした。その結果、出力値の減少率は 37.88% となった。同様に山砂の出力値の減少率は 33.30% となった。

ECHO プローブの出力値と誘電率の関係式から求められる算出値 の変化をみると、黒土では土中水すべて液状水と仮定したときの値 27.75 を最大値とし、すべて氷と仮定したときの値 3.07 が最小値となる。この結果、黒土の算出値 の減少率は 88.93% となった。同様に山砂の減少率は 59.06% となった。このことに基づけば土中水分は黒土では約 4 割、山砂は約 6 割凍結しか凍結していないと示唆される。

表 1. プローブ出力と誘電率 の変化

	出力値 (max)	出力値 (min)	減少率
黒土	757.84mV	470.07mV	37.88%
山砂	755.20mV	503.65mV	33.30%
	(max)	(min)	減少率
黒土	27.75	3.07	88.93%
山砂	8.64	3.54	59.06%

### 4. おわりに

今回の実験から煙山現地試験時の水分センサーの出力値低下は、土壤水分の凍結に拠るもといえる。よって、寒冷地フィールドにおいてキャリブレーションを行う場合は、土壤水分の凍結についても考慮しなければならない。また、同条件での実験結果を黒土と山砂で比較すると、土中水分は山砂のほうが凍結割合が高いと推定された。この原因については、今後の実験的検討が必要である。

