

灌水・風・引張刺激によるスギの生体電位変動特性

九州大学 学生会員 ○竹田梨夏 正会員 古川全太郎 笠間清伸 八尋裕一

1. 目的

植物の生命活動の過程で発生する生体電位は、土のせん断、降雨、風等の刺激によって変動することが分かっている^{1), 2)}。斜面崩壊時、すなわち土のせん断時における植物の生体電位の変動や特徴的な周波数を特定することができれば、生体電位を崩壊検知用のアラームとして役立てることができる。本文では日本に広く生息しているスギを対象に、灌水試験、送風試験および根の引張試験を行い、外的刺激と植物生体電位の関係を調べ、高速フーリエ解析 (FFT 解析) を用いてそれぞれの外的刺激による生体電位応答の特徴的な周波数を分析した。

2. 実験概要

実験試料として 4.75 mm 以下にふるったまさ土を用いた。最適含水比 12.53 %に調整したまさ土を、写真 1 に示す内径 154 mm の塩ビ管に高さ 290 mm、乾燥密度 15.2 kN/m³としてスギとともに充填した。まさ土表面から 40 mm、140 mm、240 mm の深さに水分センサーを取り付けた。

スギは全長 540 mm～710 mm のものを用いた。写真 2 のように根、幹、葉の 3 か所に塩化銀電極を貼り付けた。生体電位の記録間隔は 0.5 秒に 1 回とした。実験結果のばらつきを評価するため、1 条件につき 3 個体で試験を実施した。平常時の生体電位も 1 時間記録した。

灌水試験ではまさ土の表面に穴をあけたチューブを設置し、バルブで流量を調整して灌水した。灌水量と試験時間の条件は表 1 のとおりである。データロガーで生体電位と土の体積含水率を記録した。土の体積含水率は 1 分間に 1 回記録した。

送風試験では送風機を用いて供試体に一方向から風を当て、段階的に風速を増加させた。平均風速と試験時間は表 2 のとおりである。データロガーで生体電位と風速を記録した。風速の記録間隔は、1 秒に 1 回に設定した。

根の引張試験ではスギの根から土を除き、金枠の中に UV レジンを流し込み、根と幹を 80 mm の間隔で固定した。これを引張試験機に取り付け、2 mm/min の速度で引っ張った。データロガーで生体電位、引張力および変位を記録した。

それぞれの試験結果で得られた生体電位のデータは、その絶対値に対して FFT 解析を行い¹⁾、生体電位の特徴的な周波数を特定した。

3. 実験結果

図 1 ～ 図 3 に各試験の結果の一例を示す。ここで、図 1 の縦軸に示す生体電位は絶対値の 1 分間の平均値である。図 1 の灌水試験結果では、累積灌水量が 30 mm を超えたタイミングで根の電位の振幅がそれまでの 1.57 倍になった。

図 2 の送風試験結果では、風速が 4.41 m/s になった段階で幹の電位の平均値が風速 2.33 m/s と 3.53 m/s 時の 1.14 倍になった。

図 3 の引張試験結果では変位の増加とともに引張荷重が増加するが、根の破断に起因して局所的な荷重の減少が生じた。この試験では根と葉の電位が似た波形を示した。また、根が破断し荷重が 1 N 程度減少すると、幹の電

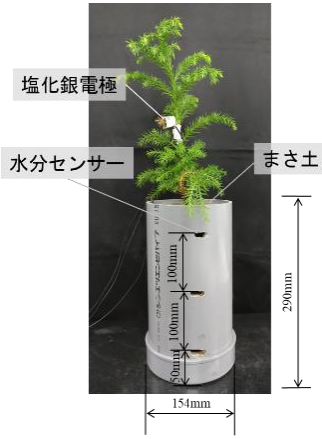


写真 1 供試体



写真 2 電極の貼付部分

表 1 灌水試験条件

灌水量 (mm/h)	灌水時間 (min)
25	10
50	10
75	20

表 2 風速試験条件

風速 (m/s)	送風時間 (min)
2.33±0.29	10
3.53±0.63	10
4.41±0.83	20

位が 10 mV 程度上昇した。

4. FFT 解析結果

図 4 と図 5 はそれぞれ灌水試験と送風試験の結果を灌水量や風速ごとに FFT 解析し、ピークを示した周波数の振幅値と灌水量および風速との関係をまとめたものである。灌水量や風速が大きくなると、ピーク周波数となる振幅値の平均が最大で 0.15 mV 小さくなった。これはピーク周波数以外の周波数の影響が大きくなることを示す。

図 6 は引張試験のせん断前とせん断中の根の電位をそれぞれ FFT 解析したも

のである。せん断前とせん断中のピーク周波数は、それぞれ 0.015 Hz と 0.017 Hz となった。また、0.1 Hz 周辺の振幅値が、せん断中ではせん断前より 0.2 mV 大きくなった。

5. まとめ

1) 累積灌水量が 30 mm を超えると、根の電位の振幅値が最大で 4 mV 大きくなる。風速が 4 m/s を超えると、幹の電位の平均値が風速 4 m/s 以下の場合の 1.14 倍になる。根にかかる荷重が 1 N 減少すると、幹の電位が 10 mV 上昇する。2) ピーク周波数の振幅値の平均値について、灌水量が 50 mm/h から 75 mm/h に増加すると 8 %減少し、風速が 3.53 m/s から 4.41 m/s に増加する場合では 24 %減少する。根のせん断中のピーク周波数は、せん断前と比較して 13 %増加する。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 19K15089、JP19H00812、JP20H00266 の助成を受けたものです。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

1) 新保達也・大藪多可志・長谷川有貴・広林茂樹・竹中幸三郎：「生活空間における温度変化に対する植物生体電位応答特性」，電学論 E, 125-E, 6, pp.253-258, 2005. 2) 松田昂大・古川全太郎・笠間清伸・八尋裕一：「原位置一面せん断試験によるスギ根系の地盤補強効果と生体電位の関係」，第 14 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集, pp.237-242, 2021.

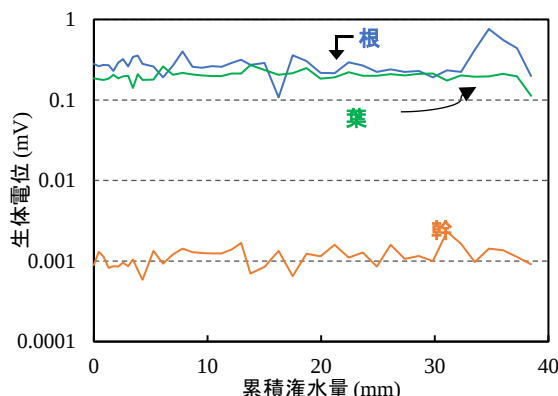


図 1 灌水試験結果

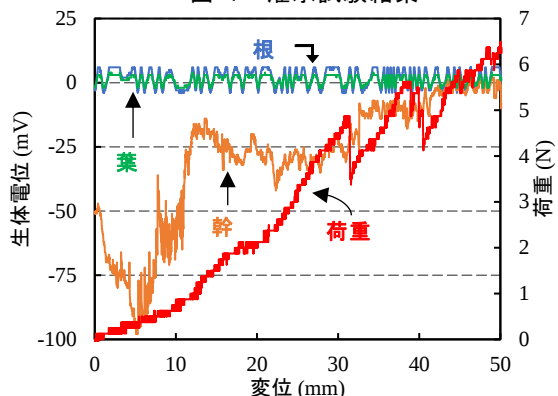


図 3 引張試験結果

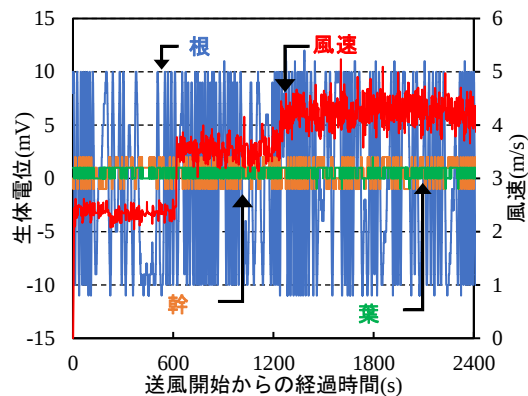


図 2 送風試験結果

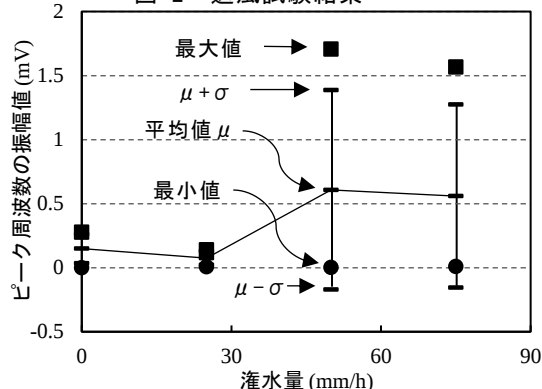


図 4 根における灌水量-最大振幅値の関係

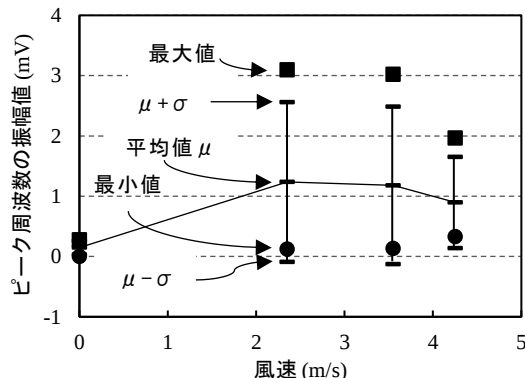


図 5 根における風速-最大振幅値の関係

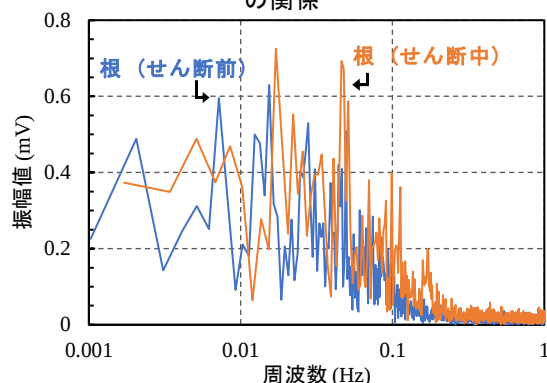


図 6 引張試験 FFT 解析結果