

水分ストレス環境における植物起源弾性波の非破壊同定

Non-Destructive Identification of Elastic Waves generated from Plant under Water Stress Conditions

鈴木直也^{*}, 鈴木哲也^{**}, 鈴木創三^{***}, 青木正雄^{**}

Naoya Suzuki, Tetsuya Suzuki, Sohzo Suzuki and Masao Aoki

1. はじめに

植物が土壌の乾燥によって水ストレスを受けると導管内部で負圧が増大し、水柱に気泡が発生する（キャビテーション現象）。この現象には弾性波（AE: Acoustic Emission）が伴う¹⁾²⁾³⁾。一般的に、植物に対する土壌水分ストレスの評価は、土壌水分ポテンシャルが用いられているが、水ストレスと植物生理との関係を詳細にモニターするためには植物の水分ストレスに対する動態を精密に同定する手法の開発が不可欠である。本論では、植物の水分ストレスに起因する弾性波を AE 法により同定し、その特性を評価した結果を報告する。

2. 実験条件

本計測で対象とした植物は *Glycine max* (ダイズ) である。計測は恒温室内で行い、室温は 26 に設定した。相対湿度 (RH) は 40% である。土壌条件は、2mm フルイを通過した黒ボク土を乾燥密度 $d = 0.5\text{g/cm}^3$ に調節して充填した。また、同様の乾燥密度で保水性 (pF) 試験を行い、土の含水比とマトリックポテンシャル (ψ_m) の関係を求めた。

弾性波計測には AE 法を用いた。計測条件は 350kHz 共振型の小型 AE センサ M31 (Fuji Ceramics Corporation) を使用し、基茎部に接着した AE センサの出力信号は、プリアンプ 40dB、メインアンプ 20dB の計 60dB で増幅し、しきい値は 35dB とした。蒸発散量は重量計測によって評価し、1 時間に 1 回の間隔で記録した。

3. 結果および考察

3.1. AE 累積ヒット数と蒸散量の関係

AE 計測は、土壌の ψ_m が -1kPa (pF1.0) の湿潤状態から -1,554kPa (pF4.2) の渇水状態に移行した後に、初期状態に戻るまで水を供給してから 7 日間経過させた計 26 日間で行った。一日毎に発生した AE の累積ヒット数と重量法による蒸散量の関係を図-1 に示す。AE 累積ヒット数の勾配から、計測期間を 4 つの期間 (~) に分けることが可能である。各期間に得られた数値 (表-1) から、植物より発生する AE の発生特性は土壌水分と密接に関係していることが示唆された。

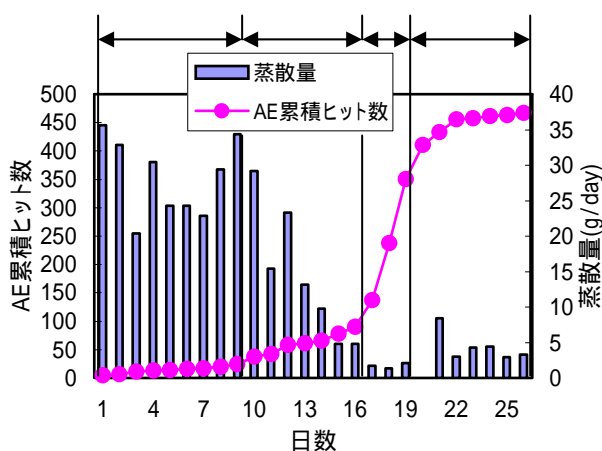


図-1 AE 累積ヒット数と蒸散量の関係

表-1 期間毎の数値特性

期間	1 期	2 期	3 期	4 期
計測日数	1 ~ 9	10 ~ 16	17 ~ 19	20 ~ 26
ψ_m (- kPa)	1 ~ 155	155 ~ 980	980 ~ 1554	1 ~ 9.8
平均蒸散量(g/day)	28.3	14.3	1.7	4.4
平均ヒット数(hit/day)	2.6	9.4	87.0	16.6

^{*} 日本大学大学院生物資源科学研究科 Graduate School of Bioresource Sciences, Nihon University

^{**} 日本大学生物資源科学部 College of Bioresource Sciences, Nihon University

^{***} 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

キーワード Acoustic Emission, 水ストレス, キャビテーション

3.2. 検出波の最大振幅値特性

計測期間中に発生した AE の最大振幅値の分布を、図-1 で分類した 1~4 期毎に評価したものを図-2 に示す。1 期目において、8 日目に到達するまでは 37~39dB の最大振幅値が低い AE が低頻度で発生した。その後 40dB を上回る AE が 3 ヒットのみ発生した。第 2 期目では、AE 発生数の半数以上は 40dB を超え、平均 43.8dB (最大:64dB) の AE が確認された。第 3 期目は平均 41.2dB であり、その発生量に比べて第 2 期よりも下回るという特徴が確認された。マトリックポテンシャルが -1,554kPa (pF4.2) に到達した時点でダイズの葉は黄化し、この際の最大振幅値はヒット数の減少と伴に低下した。

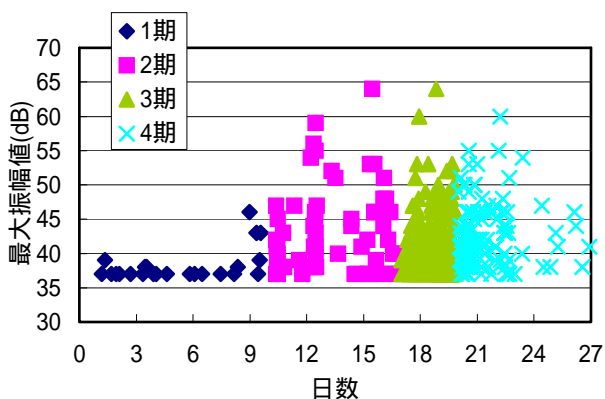


図-2 検出波の最大振幅値分布

3.3. 給水による検出波特性の変質

給水前(第 1~3 期)と給水後(第 4 期)に発生した AE のヒット数はそれぞれ 350 ヒットと 120 ヒットである。検出波の平均周波数を百分率で表わしたグラフを図-3,4 に示す。給水前の段階では 300kHz 以上の周波数を持つ比較的高い周波数帯の AE が全体の 60% 以上を占めているが、給水後では 100kHz~200kHz の AE が 70% 以上検出された。給水後でもダイズは正常に蒸散活動が行えていないことから、土壤の乾燥ストレスを受けた植物は、検出波の周波数特性に変化が生じるものと考えられる。

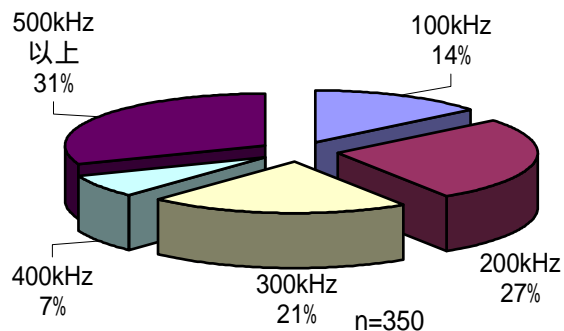


図-3 検出波周波数(給水前)

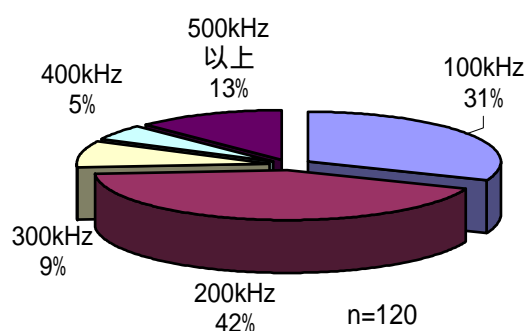


図-4 検出波周波数(給水後)

4. まとめ

本論では、水ストレスを受けるダイズを対象にストレス条件下での弾性波発生挙動を AE の観点から検討した。その結果、植物より発生する AE の発生頻度、最大振幅値および平均周波数の特性を解析することにより、植物に生じる水ストレスの定量的評価が可能であることが示唆された。

参考文献

- 鈴木直也:植物体キャピテーションに起因する弾性波動の検出と定量的評価に関する研究,第 59 回農業農村工学会関東支部大会講演会講演要旨, pp.155-156, 2008.
- 陰山健介 神長充 ノール アユニ 加藤寛:草本植物の種の違いによる AE 発生挙動の変化,第 16 回 アコースティック・エミッション総合コンファレンス論文集, pp.105-108, 2007.
- 津田誠:作物における木部導管水コンダクタンスの研究,岡山大学農学部学術報告 Vol.88, pp.153-157, 1999.