

AE 解析に基づく植物起源弾性波の特性評価に関する研究

Characteristics Evaluation of Acoustic Wave Generated from Plants by AE analysis

○島本由麻*・菅原渉平**・鈴木哲也**

Yuma Shimamoto, Shohei Sugahara, and Tetsuya Suzuki

1. はじめに

従来、植物の水分生理へ及ぼす影響について各種計測手法が提案されてきた。そのなかでも、既往の研究において、植物の水ストレス時に道管内で気泡が発生することで生じる、気液二相流（キャビテーション）に着目した Acoustic Emission (AE) 法による非破壊での植物の水分状態評価が試みられている¹⁾。本研究では、AE パラメータ²⁾とウェーブレット (WT) 変換³⁾による周波数解析を用いて波形分類を行うとともに、水ストレスとノンストレス期間における AE 発生数の比較検討から、AE 法によって検出した植物起源弾性波の特性評価を試みた。

2. 研究概要

既往研究により、キャビテーション起源の AE 波は立ち上がりが明確な突発型波形であることが明らかにされている¹⁾。環境ノイズに伴う AE 波は連続型波形が検出されると考えられており、それぞれの波形図を図-1 に示す。

気泡の運動方程式であるレーリー・プレセット (Rayleigh-Plesset) 方程式から、気泡運動に伴う微小振幅震動によって発生する AE 波は気泡半径に依存することが明らかにされている⁴⁾。図-2 に、大気圧下 20°C の水中における気泡半径と周波数の関係を示す。本研究では、顕微鏡観察より算出した道管径を各植物から発生する気泡径と仮定することによって、キャビテーション起源 AE 波の周波数を算出した。

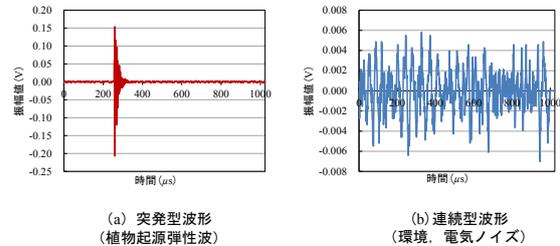


図-1 突発型波形と連続型波形

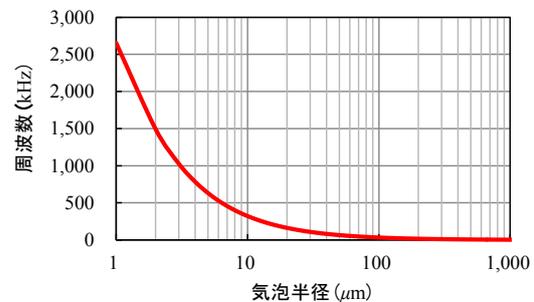


図-2 周波数と気泡半径の関係

3. 実験方法

トマトの栽培および計測は新潟大学農学部低温ハウスにて行った。栽培土は黒ボク土と砂質土を用いて、供試植物はトマトとした。生育状況の記録として供試植物の写真を撮影し、植物の水分状態の指標として土壌水分計測、環境計測および重量法による蒸散量計測を行った。AE 計測は 350 kHz 共振型センサ M31 (Fuji Ceramics Corporation 社製) を用いて、供試植物の茎元部にカップラントを用いて設置した。毎日給水を行うノンストレス供試体と、無給水の期間 (ストレス期) を設けたストレス供試体を用意した。本実験期間は 2017 年 6 月 19 日から 2017 年 8 月 5 日とした。

1. *北里大学獣医学部 School of Veterinary Medicine, Kitasato University
2. **新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University
3. キーワード：蒸散量, AE, ウェーブレット変換

4. 結果および考察

AE パラメータと WT 変換による周波数解析を用いて波形分類を行った。本研究では、突発型波形、連続型波形、突発+連続型波形の合成波、チッピングノイズ波形、計4種類の分類を目的とした。図-3に、波形分類の結果を示す。植物起源弾性波である突発型波形は、周波数が高く振幅値の大きい弾性波が確認された。ノイズ波形は3種類に分類され、一定の周波数が流れる連続型波形、連続型と突発型が入り混じる合成波、振幅値が高く波長の長いチッピングノイズが確認された。以上のことから、WT 解析を用いることで、植物の水ストレス状態をより精緻に評価できると考えられる。

図-4に、ノンストレス期間の突発型 AE 発生数を示す。晴天時において、温度上昇とともに蒸散量が増加し、突発型 AE 発生数が同時刻に増加していることが確認された。雨天時において、温度上昇と蒸散量の増加は確認されず、突発型 AE 発生数は日中に 1Hit のみ確認された。以上のことから、蒸散活動による道管内のキャビテーション起源によって突発型 AE が発生すると考えられる。

図-5に、ストレス期間の突発型 AE 発生数を示す。1日目と3日目と比較し、植物のしおれが確認された5日目と7日目の突発型 AE 発生数は24時間発生していることが確認された。1時間ごとの突発型 AE 発生数も、温度上昇がみられる日中において2倍以上の値が確認された箇所が10箇所以上あった。以上のことから、植物の水ストレス状態時に発生するキャビテーション起源によって、突発型 AE が発生したと考えられる。

5. まとめ

AE 法と WT 解析を用いることで、植物起源弾性波の特性評価が可能であることが示唆された。精緻な植物の水ストレス評価には、膨大なノイズ波形を除去する方法、植物起源弾性波のストレスとノンストレスの両環境面から発生する要因の検討を行うことで、AE 法による水ストレス評価の精度向上が期待できると考えられる。

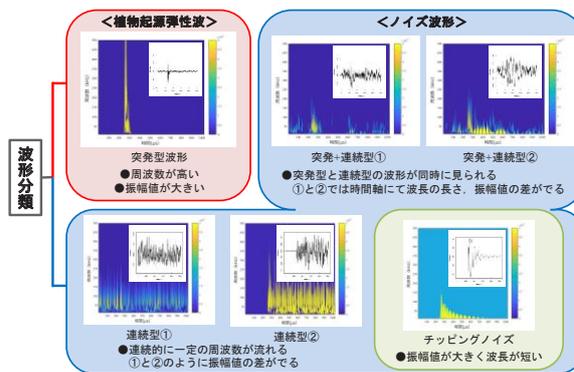


図-3 植物起源弾性波とノイズ波形の分類結果

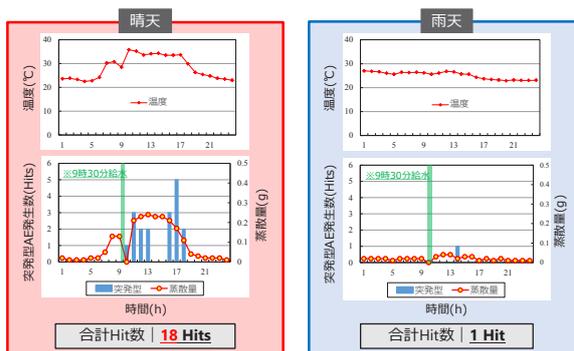


図-4 ノンストレス期間の突発型 AE 発生数

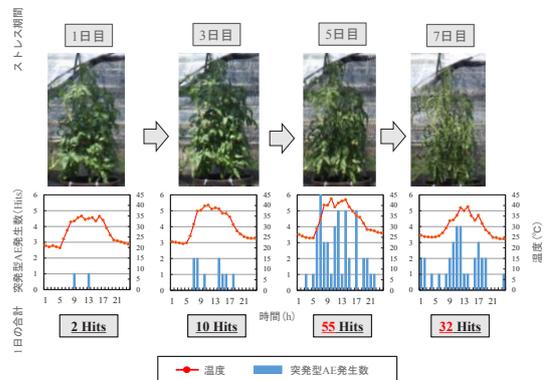


図-5 ストレス期間の突発型 AE 発生数

参考文献

- 1) 島本由麻, 鈴木哲也: 減衰理論を用いた作物起源弾性波の検出精度向上に関する研究, 環境情報科学 学術研究論文集, No. 29, pp.95-100, 2015.
- 2) 日本非破壊検査協会: アコースティック・エミッション試験 2008 II, pp.4-35, 2008.
- 3) 榑原進: 数理学セミナーウェブレットビギナズガイド, pp.1-28, 2003.
- 4) Plesset, M. S. and A. Prosperetti: Bubble Dynamics and Cavitation, Ann. Rev. Fluid Mech., 9, pp.145-185, 1977.