

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：32607

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H06025・19K21162

研究課題名（和文）農業副産物を有効活用した環境親和性を有する多孔質緑化基盤材の開発

研究課題名（英文）Development of environmentally-friendly greening material utilized agricultural wastes

研究代表者

阿部 由麻（島本由麻）（SHIMAMOTO, Yuma）

北里大学・獣医学部・助教

研究者番号：70826601

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、農業副産物を活用した緑化資材の開発を試みている。この材料開発の指標にAcoustic Emission（AE）法から検出される植物生理反応を用いることを本課題では検討した。AE法による植物の水ストレス評価の実用化を目指した場合、検出波の判別精度向上が課題の一つとして挙げられた。検討の結果、キャビテーションに起因するAE（突発型AE）とその他の検出波をウェーブレット変換の特徴量から明確に判別できることを明らかにした。加えて、最大振幅値および重心周波数に着目すると、水ストレスに起因するAEを抽出できることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

緑地を含めたグリーンインフラの構築や維持管理には、植被率のようなマクロな指標だけではなく、植物の根圏形成を含めた植物生理反応と多孔質材の物性との関連から検討を進める必要があると考えられる。これにより、環境再生や緑地基盤の造成の際に、明確な指標に基づいて、植物の生育に適した環境を構築できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research attempts to develop greening materials utilized agricultural wastes, and to use plant physiological responses detected by the Acoustic Emission (AE) method as a parameter for developing the material. In order to evaluate the water stress of plants by the AE method, it is necessary to improve the discrimination accuracy of detected waves. As a result of examination, it was clarified that AE (burst-type AE) caused by cavitation and other detected waves can be clearly discriminated from the wavelet transform's parameter. In addition, the AE caused by water stress could be extracted by focusing on the maximum amplitude and the centroid frequency.

研究分野：農業工学

キーワード：農業副産物 Acoustic Emission 緑化資材

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

緑地を含めたグリーンインフラの構築や維持管理には、植被率のようなマクロな指標だけではなく、植物の根圏形成を含めた植物生理反応と多孔質材の物性との関連から検討を進める必要がある¹⁾。

本研究では、農業副産物を活用した緑化資材の開発を試みるとともに、材料開発にあたって Acoustic Emission (AE) 法から検出される植物生理反応を指標とすることを検討している。

AE 法による植物の水ストレス評価を実用化するためには、検出波の種類を適切に判別し、気泡運動に起因する AE (突発型 AE) を抽出する必要がある。加えて、植物起源弾性波は吸水過程と乾燥過程で検出されており、水ストレスに起因する AE を特定できておらず、課題が残されている。

2. 研究の目的

本研究では、ウェーブレット変換による特徴量およびレーリー・プレセット方程式による推定周波数を用いた目視に代わる判別法を提案した。加えて、最大振幅値と重心周波数の観点から検出波を解析し、水ストレスに起因する AE を抽出することを目的とした。また、土壌の乾燥密度が水ストレス起因の AE 特性に与える影響について検討した。

3. 研究の方法

供試植物にトマト (*Solanum lycopersicum* L.) を用い、栽培実験を行った。栽培土には黒ボク土を用いた。実験ケースは土壌乾燥密度と給水方法が異なる 4 つの実験ケースを設定した。土壌の乾燥密度は 0.57 g/cm^3 と 0.51 g/cm^3 とし、給水方法は、毎日給水するケースと給水期間と無給水期間を交互に設けるケースの 2 ケースとした。給水期間は pF を 1.0~1.5 (圃場容水量) に保ち、無給水期間は土壌深さ 19.5 cm の pF が 3.0~3.5 (難利用水分量) となるまで継続した。AE センサ (350 kHz 共振型センサ) は基茎部に設置した。

本研究では、ウェーブレット変換による特徴量 (信号強度比、重心周波数および重心時間) とレーリー・プレセット方程式による推定周波数を用いて、検出波の判別を試みた²⁾。また、植物起源弾性波を抽出し、最大振幅値とウェーブレット変換から求めた重心周波数で波形の特徴量を解析した³⁾。

4. 研究成果

4. 1. 検出波の特徴量と判別結果²⁾

本論では、検出波を波形形状から、突発型 AE、チッピング、連続型 AE、合成波の 4 種類に目視で分類した。突発型 AE および合成波に関して、ウェーブレット変換から算出した重心時間と重心周波数を用いて分布を比較した。図-1 に重心時間および重心周波数平面における突発型 AE と合成波の分布を示す。重心時間が長くなり、重心周波数が低くなるにつれて、突発型 AE から合成波へと分布が変化することが示唆された。このことから、しきい値による突発型 AE と合成波の判別を行った。しきい値には突発型 AE と合成波の重心時間および重心周波数より算出した判別直線とレーリー・プレセット方程式より推定される周波数の最小値の直線を用いた。領域 2 に属する波形を突発型 AE、その他の領域に属する波形を合成波として判別率を算出した。ストレス供試体において判別率 79.0 %、ノンストレス供試体において判別率 85.9 % を得た。以上より、重心時間および重心周波数を用いることで、突発型 AE と合成波の判別が可能であることが明らかになった。なお、突発型 AE と連続型 AE、チッピングについても 99 % の高い判別率が得

られた。

4.2. 水ストレスに起因する AE の抽出³⁾

吸水過程および脱水過程で検出された AE の最大振幅値を比較すると、乾燥密度 0.51 g/cm³ では、給水期間で検出された AE は無給水期間より最大振幅値が大きく、5% 水準で有意差が認められた。実験ケース間で比較すると、乾燥密度 0.51 g/cm³ では 0.57 g/cm³ より無給水期間における最大振幅値の平均値が大きく ($p < 0.05$)、給水期間と無給水期間の最大振幅値の差も大きかった。乾燥密度が低い 0.51 g/cm³ では、土壌の保水力の低下に伴い植物の乾燥が進行したことで最大振幅値が大きくなったと考えられる。

図-2 に重心周波数帯域別の発生頻度を示す。どちらのケースにおいても、無給水期間で検出された AE は、給水期間より重心周波数が有意差 5% で高かった。実験ケース間で比較すると、無給水期間に検出された AE の重心周波数は、乾燥密度 0.57 g/cm³ では平均値が 156 kHz、乾燥密度 0.51 g/cm³ では平均値が 174 kHz であり、乾燥密度が低いとき重心周波数が高かった。乾燥密度が低い 0.51 g/cm³ では 0.57 g/cm³ と比較して、植物の乾燥が進行し、道管内の張力が増加したと推察される。給水期間における AE の発生頻度は乾燥密度 0.57 g/cm³ では 150 kHz 以上の AE が全体の 4%、乾燥密度 0.51 g/cm³ では 200 kHz 以上の AE が全体の 11% であり、給水期間では高周波帯域の AE はほとんど検出されなかった。また、土壌乾燥密度が低いとき、重心周波数が高くなる傾向が示された。

5. まとめ

ウェーブレット変換による特徴量と最大振幅値を指標とすることで、発生要因ごとに AE を抽出できる可能性が示唆された。さらに検討を進めることで、環境再生や緑地基盤の造成の際に、明確な指標に基づいて、植物の生育に適した環境を構築できると考えられる。

参考文献

- 1) 島本由麻, 鈴木哲也 (2019): 破壊力学指標による環境親和型緑化基盤の材質評価と植生導入の試み, 地盤工学会誌, 67(1), 16-19.
- 2) 島本由麻, 萩原大生, 鈴木哲也 (2019): ウェーブレット変換を用いた植物起源弾性波とノイズ波の識別に関する研究, 農業農村工学会論文集, 87(2), I_303-I_311.
- 3) Shimamoto, Y., Hagiwara, T. and Suzuki, T. (2019): Frequency characteristics of acoustic emission caused by drought-induced plant's stress, 2019 SEOUL INWEPF & PAWEES International Conference, p.376.

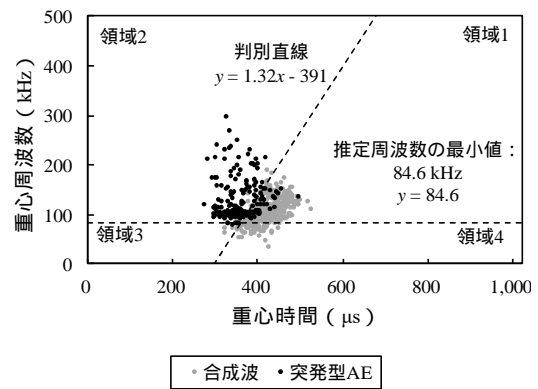
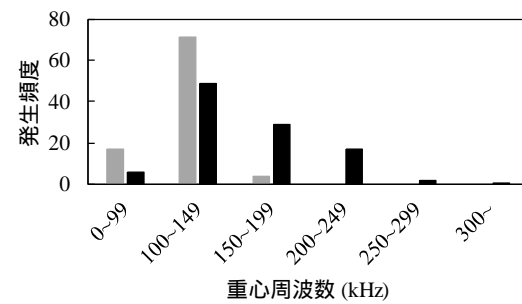
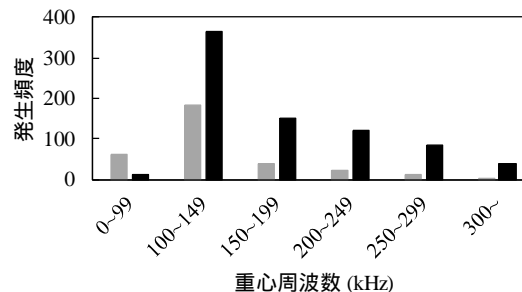


図-1 重心時間および重心周波数を用いた突発型 AE と合成波の判別 (ストレス供試体)



(a) 乾燥密度 0.57 g/cm³



(b) 乾燥密度 0.51 g/cm³

図-2 重心周波数の帯域別の発生頻度

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 86(5)
2. 論文標題 環境親和型材料の要求性能と性能評価法の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 39-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 86(7)
2. 論文標題 弾性波エネルギーに基づく多孔質材料の材質評価の開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 19-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也, 森井俊広	4. 巻 307
2. 論文標題 割裂応力場におけるセメント改良土のエネルギー解放率の推定	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会論文集	6. 最初と最後の頁 _3~_4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 44(1)
2. 論文標題 根系指標によるもみ殻灰混和改良土の緑化基盤材としての性能評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本緑化学会誌	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 86(10)
2. 論文標題 弾性波検出に基づく作物の水ストレス診断の試み	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 39-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 86(11)
2. 論文標題 地域資源「もみ殻」の循環利用を考慮した材料設計の試み	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 農業農村工学会誌	6. 最初と最後の頁 29-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 74(2)
2. 論文標題 AEエネルギーを指標とした多孔質材料における粒子結合力の推定 - もみ殻灰を混和したセメント改良土を事例として -	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集 A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 I_403- I_410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 67(1)
2. 論文標題 破壊力学指標による環境親和型緑化基盤の材質評価と植生導入の試み	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地盤工学会誌	6. 最初と最後の頁 16-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島本由麻, 鈴木哲也	4. 巻 29(1)
2. 論文標題 農業副産物の循環利用を考慮した地域環境保全に関する研究 もみ殻によるエネルギーと緑化資材の創出	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 開発学研究	6. 最初と最後の頁 42-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shimamoto Yuma, Suzuki Tetsuya	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Recycle of rice husk into agro-infrastructure for decreasing carbon dioxide	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-019-00752-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Tetsuya, Shimamoto Yuma	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 On-site damage evaluation of cracked irrigation infrastructure by acoustic emission and related nondestructive elastic wave method	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-019-00726-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 Shimamoto Yuma, Suzuki Tetsuya
2. 発表標題 Recycle of Rice Husk into Agro - Infrastructure for Decreasing Carbon Dioxide
3. 学会等名 PAWEES-INWEPF International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shimamoto Yuma, Suzuki Tetsuya
2. 発表標題 Evaluation of Cracking Damage in Service Structure using AE Energy Parameters
3. 学会等名 Tetsuyahe 17th Structural Faults and Repair-2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島本由麻, 馬場光久, 杉浦俊弘, 鈴木哲也
2. 発表標題 グリーンインフラとしての農業農村基盤の位置づけ 農村道路の機能
3. 学会等名 第28回農業農村工学会農村道路研究部会研究集会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島本由麻, 菅原渉平, 鈴木哲也
2. 発表標題 AE波形解析による植物起源弾性波の検出精度の向上に関する研究
3. 学会等名 農業情報学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島本由麻, 鈴木哲也
2. 発表標題 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
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木哲也, 島本由麻
2. 発表標題 弾性波法による作物の水ストレス反応の検出
3. 学会等名 農業情報学会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島本由麻, 鈴木哲也
2. 発表標題 もみ殻を活用した環境親和型材料によるグリーンインフラ構築に関する研究
3. 学会等名 2018年度日本国際地域開発学会春季大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----