

# AE エネルギーによるオゾン処理を施した稲わらの引張破壊挙動の評価

## Evaluation of Tensile Fracture Behavior of Ozone-treated Rice Straw by AE Energy

○白井美羽\*, 坪田到馬\*\*, 島本由麻\*\*\*, 鈴木哲也\*\*\*\*

Miu SHIRAI, Toma TSUBOTA, Yuma SHIMAMOTO and Tetsuya SUZUKI

### 1. はじめに

近年, 天然繊維を補強材として活用するグリーンコンポジットの開発に取り組む研究が多数行われている<sup>1)</sup>.

本研究では, 2021 年において日本で  $1,053 \times 10^4 \text{t}$  生産された<sup>2)</sup> コメの副産物である, 稲わらの補強材利用の可能性を検討した. オゾン処理を実施した稲わら繊維単体の力学特性を明らかにするため引張強度試験および AE 計測を実施した. 各検出波の情報を反映させることが主破壊の同定や評価精度の向上につながると考え, AE エネルギーに着目し, 解析を行った. 本報では, AE エネルギーを指標に破壊挙動の評価を行った結果を報告する.

### 2. 実験方法

本研究では, 2022年に新潟県加茂市で収穫された稲わらの第3節間を供試材として使用した. 一定の長さに切断した稲わらをオゾン発生器およびナノバブル発生器からなるオゾン処理装置を用いてオゾン処理にかけた. オゾン発生器は1時間当たり, 10 g のオゾンを発生させる. 2時間処理, 4時間処理および6時間処理の稲わらを各60本用意した. 未処理のものをさらに60本加えた, 計240本の稲わらに対し引張強度試験を実施し, 同時にAE計測を行った. 試験速度は10 mm/minとした. AE計測は, 350 kHz共振型センサM31を用いて行い, 標点直近部に1個ずつ, 計2個設置した.

### 3. 解析方法

ひずみエネルギー  $U$  における AE エネルギーの特徴量を累積 AE エネルギー発生頻度割合  $F_e(U)$  により評価した. ダブルロジスティック曲線による近似を行い AE エネルギーの定量的な評価を試みた. ダブルロジスティック曲線は, コンクリートを対象とした圧縮破壊挙動の AE 解析において有用性が明らかにされている<sup>3)</sup>. ダブルロジスティック曲線は以下の式(1)で表される.

$$F_e(U) = \gamma + (1 - \gamma) \left[ \frac{p}{1 + e^{r(m-U)}} + \frac{1-p}{1 + e^{r'(m'-U)}} \right] \quad (1)$$

ここで,  $\gamma$  は  $F_e(U)$  の最小値,  $p$  は第Ⅲ段階の割合,  $m$  と  $m'$  は各変曲点時のひずみエネルギー,  $r$  と  $r'$  は各変曲点における曲線の傾きである. これに加え,  $m$  と  $m'$  について破壊過程と対応した評価を行うため, 計測された最大ひずみエネルギーとの比をとり, 百分率  $m(\%)$ ,  $m'(\%)$  で表した. Fig. 1 にダブルロジスティックパラメータの概念図を示す.

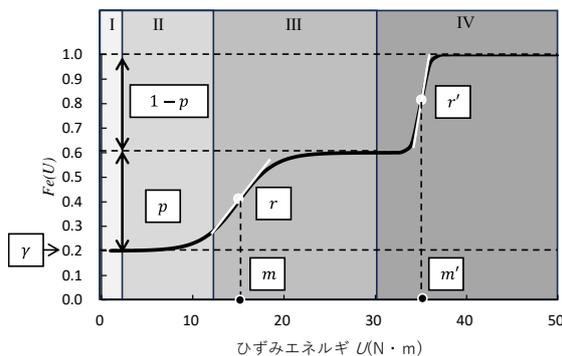


Fig.1 ダブルロジスティックパラメータの概念図  
Conceptual diagram of double logistic parameters

\*東京農工大学農学府 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

\*\*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\*\*東京農工大学大学院農学研究院 Institute of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

\*\*\*\*新潟大学自然科学系(農学部) Institute of Agriculture, Niigata University

キーワード: 稲わら, オゾン処理, 引張強度試験, AE

## 4. 結果および考察

### 4.1 オゾン処理と力学特性の関係

引張強度は未処理で 107.6 MPa であった。処理を施したものはこれに対し約 20～30% 大きな値を示した。ひずみエネルギーは 4 時間処理において最大値を示し、6 時間処理では 4 時間処理と比較して、25.3% 小さかった。

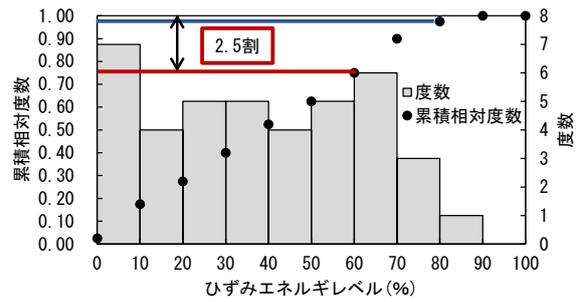
### 4.2 オゾン処理と破壊挙動の関係

累計 AE エネルギーの実測値と近似値の関係における決定係数は、十分に高い値をとった。ダブルロジスティックパラメータ  $m(\%)$  および  $m'(\%)$  について作成したヒストグラムを Fig. 2 および Fig. 3 に示す。

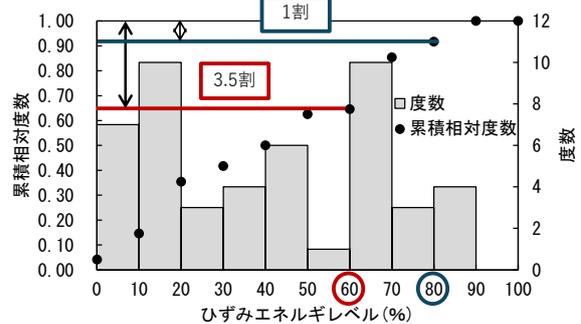
Fig. 2 より、6 時間処理のサンプルにおいてひずみエネルギーレベルが 60% 以上の割合が 3 割以上、かつ 80% 以上の割合が 1 割程度であることが確認できた。4 時間処理ではひずみエネルギーレベルが 60% 以上の割合は 2 割以上あるが、80% 以上の割合は 0 に近かった。Fig. 3 より 6 時間処理のサンプルにおいてひずみエネルギーレベルが 70% 以上のデータの割合が 9 割程度と、4 時間処理のデータと比較し大きいことが確認された。未処理および 2 時間処理においても 4 時間処理のデータと同様の傾向が確認された。これらの結果は 6 時間処理のサンプルにおいて、AE が破壊後期に検出されることを示している。6 時間のオゾン処理では、初期破壊が最終破壊に至る危険性が高いと考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、オゾン処理を実施した稲わら繊維の破壊挙動について AE エネルギーの観点から検討した。6 時間のオゾン処理では、ひずみエネルギーが低下するとともに、AE エネルギーの検出が破壊過程後期に偏ることが明らかになった。

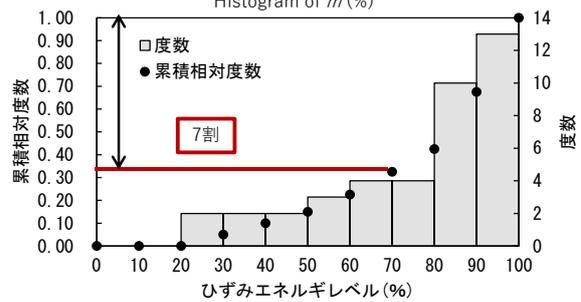


(a) 4時間処理

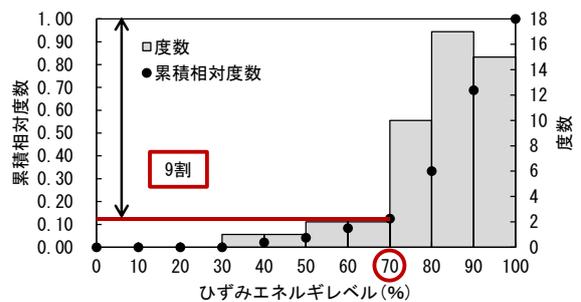


(b) 6時間処理

Fig. 2  $m(\%)$  のヒストグラム  
Histogram of  $m(\%)$



(a) 4時間処理



(b) 6時間処理

Fig. 3  $m'(\%)$  のヒストグラム  
Histogram of  $m'(\%)$

## 参考文献

- 1) Crupi, V., Epasto, G., Napolitano, F., Palomba, G., Papa, I., and Russo, P. (2023) Green Composites for Maritime Engineering: A Review, *Journal of Marine Science and Engineering*, 11, 599.
- 2) FAO, FAOSTAT, Production (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>), 更新日: 2023年12月27日, 閲覧日 2024年1月17日.
- 3) 柴野一真, Nadezhda Morozova, 島本由麻, 鈴木哲也, (2023) AE ダブルロジスティック解析によるコンクリートコアの損傷度評価に関する実験的研究, *農業農村工学会論文集*, 316(91-1), pp.1-57-1-68.