

ひずみエネルギーを指標とした稲わらのオゾン処理効果の定量評価 Quantitative Evaluation of Ozone-Treatment in Rice Straw by Strain Energy Parameter

○坪田到馬*, 島本由麻**, 眞家永光***, 鈴木哲也****

○Toma TSUBOTA*, Yuma SHIMAMOTO**, Nagamitsu MAIE*** and Tetsuya SUZUKI****

1. はじめに

稲わらは全世界で年間 8 億～10 億 t 排出されており、その 80%は利用されていない。稲わらの再資源利用の 1 つの方法に天然繊維を含めた複合材料の開発が注目されているが、材料として応用されるために必要とされる単体での機械的性質を評価する事例が少ない。本報では、オゾン処理を施した稲わらの引張特性を報告する。

2. 実験方法

オゾン発生器とナノバブル発生器を併用したガス溶解法により、稲わらの第 3 節間のオゾン処理を実施した。本実験では、稲わらをオゾン処理なし、オゾン処理 2 時間、4 時間、6 時間に各 50 本準備した。オゾンガス濃度は 2 時間で $4.0 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$ 、4 時間で $8.0 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$ 、6 時間で $12.0 \times 10^{-2} \text{ g/m}^3$ とした。走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて、稲わらの維管束断面の観察、断面積の計測を行った。試験片は厚紙で作製した支持体の中心に接着し、その接着部分を標点とした。標点距離 20 mm、試験速度 10 mm/min で、引張強度試験を行った。実験結果からひずみエネルギーを算出し、ワイブル解析により処理条件による引張特性の相異を評価した。

3. 結果・考察

3.1 繊維束断面

オゾン処理時間ごとの稲わらの断面を SEM 写真 (Fig. 1) から比較した。オゾン処

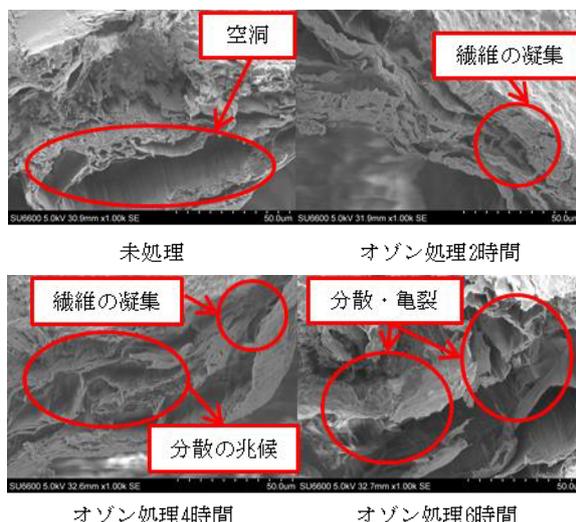


Fig. 1 オゾン処理時間ごとの稲わらの SEM 写真
SEM photos of rice straw at different ozone treatment times

理 2, 4 時間では繊維の凝集が確認できた一方で、6 時間では繊維端が粗雑になり、繊維は分散し、亀裂の発生が確認された。オゾン処理 4 時間では、2 時間よりも空洞が広く、分散の兆候が示唆された。繊維の凝集はオゾンの酸化作用により、カルボニル基の吸着層が形成されたために発現²⁾したものと推察される。分散は過度なオゾン処理により、繊維間の結合が切断されたためと推察される。

3.2 力学特性

算出したひずみエネルギーの平均値および標準偏差を未処理とオゾン処理とで比較した。ひずみエネルギーの平均値は未処理と比

*新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, 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

***北里大学獣医学部 Faculty of Veterinary Medicine, Kitasato University

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

キーワード: 稲わら, オゾン処理, 引張強度試験, ワイブル分布

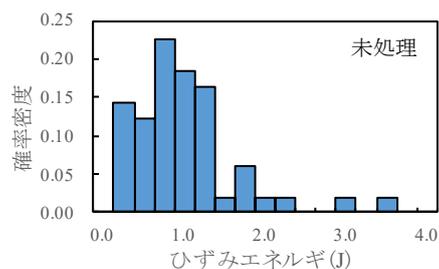
較してオゾン処理 2 時間で 23 %, 4 時間で 13 % 増加した. 6 時間では 33 % 減少した. 標準偏差は 2 時間で 1 % 大きく, 4 時間で 16 %, 6 時間で 10 % 小さかった. この結果を踏まえて, ひずみエネルギーをワイブル分布により評価した. **Fig. 2** にオゾン処理時間別のひずみエネルギーのヒストグラムとワイブル分布を示す. ワイブル分布の頂点は未処理と比較して 2 時間で 3.2 倍, 4 時間で 2.8 倍増加し, 6 時間で 16 % 減少した. 形状母数は 2 時間で 50 %, 4 時間で 41 %, 6 時間で 6 % 増加した. ひずみエネルギーは 2 時間, 4 時間, 未処理, 6 時間の順に大きかった. 2 時間と 4 時間における上昇は **Fig. 1** で示した繊維束の凝集が影響していると考えられる. 4 時間における 2 時間に対する相対的な低下は, 繊維束の凝集が低下したことと起因すると考えられる. 6 時間では, 繊維束の欠損が影響していると考えられる.

4. まとめ

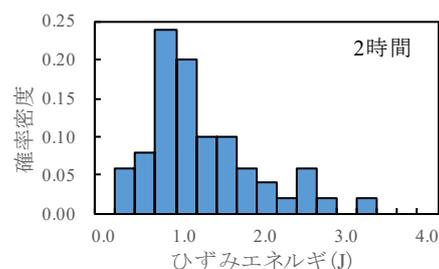
本報では, オゾン処理時間による稲わらの引張強度の変化について評価した. 検討の結果, オゾン処理 2, 4 時間で引張強度およびひずみエネルギーは上昇した. 一方で, 6 時間では低下傾向が確認された. 評価値の増加要因はオゾンによる酸化作用で繊維の緻密化が進んだものと考えられる. 低下要因は繊維束の欠損と推察される.

参考文献

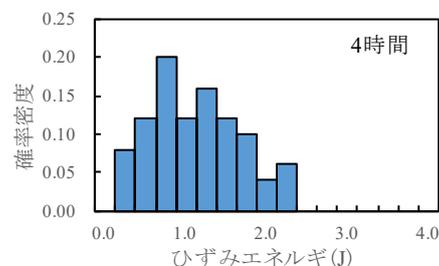
- 1) IRRI (2018) : Rice Straw Management, Online, <<https://www.irri.org/rice-straw-management>>
- 2) Shi, C., Zhang, S., Wang, W., Linhardt, R.J. and Ragauskas, A.J. (2020) : Preparation of Highly Reactive Lignin by Ozone Oxidation : Application as Surfactants with Antioxidant and Anti-UV Properties, ACS SUSTAINABLE CHEMISTRY & ENGINEERING, 8(1), 22-28



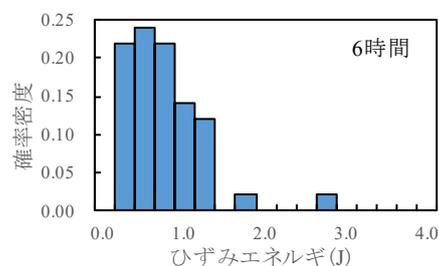
(a) 未処理



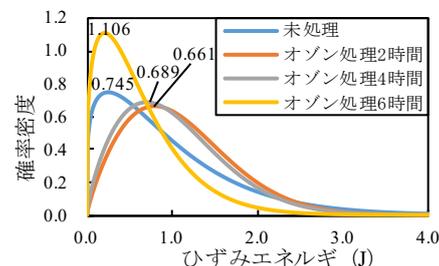
(b) オゾン処理 2 時間



(c) オゾン処理 4 時間



(d) オゾン処理 6 時間



(e) 処理時間別のワイブル分布

Fig. 2 ヒストグラムとワイブル分布によるひずみエネルギーの評価

Evaluation of strain energy by histogram and Weibull distribution