

農作廃棄物からのバイオエタノール生産における 破碎処理とアルカリ処理の糖化促進効果

秋田高専環境都市工学科 学生会員 ○工藤 瞳
秋田高専環境都市工学科 正会員 金 主鉉

1. はじめに

農作廃棄物は年間約 1,400 万トン発生しているが、堆肥、飼料などへの有効利用は約 30 % にとどまっております、大部分は利用されていないのが現状である¹⁾。秋田県における 2007 年度の稲作廃棄物の賦在量は約 87.1 万トンであるが、そのうち約 70 万トンは未利用のままである²⁾。このようなセルロース系バイオマスは資源循環という視点から有効利用が大いに期待されている。セルロース系バイオマスの糖化は、現在注目されている非食料資源からのエタノール生産の目的のみならず、石油資源枯渇後の地球最大の食糧原料及び化学工業や発酵原料として糖を生産するための技術である。しかし、上記材料の酵素糖化には、澱粉系資源の酵素糖化とは異なりセルロースが結晶構造をしている。即ち結晶セルロースをヘミセルロースやリグニンが取り囲んだ複雑な構造を形成しているため、適切な前処理が不可欠である。

そこで本研究では、物理・化学的前処理方法として破碎処理、アルカリ処理の組み合わせに着目し、もみ殻と稲わらを対象にその糖化促進効果について実験的検討を行った。

2. 実験方法

実験には秋田県秋田市内の農家から入手したもみ殻と稲わらを使用した。試料の糖化を促進させるための前処理として、まずアルカリ処理では 0.5 M の水酸化ナトリウム水溶液 500 mL にもみ殻と稲わらを 50g 入れ、温度を 50 °C、回転速度 200 rpm で 40 分間攪拌した後、洗浄・乾燥を行い糖化実験の試料とした。次に破碎処理は未処理と前述のアルカリ処理を行った試料をボールミルにより破碎し、もみ殻は 20 ~ 50 μm 、50 ~ 100 μm 、100 ~ 500 μm 、500 ~ 1,000 μm となるように、また稲わらは 20 ~ 50 μm 、50 ~ 100 μm 、100 ~ 500 μm 、1,000 ~ 2,000 μm 、2,000 ~ 5,000 μm となるようにふるい分けをして実験に供した。篩別した供試試料を図 1 に示す。

糖化実験は、0.1M 酢酸緩衝液(pH5.0)10 mL にセルラーゼ 0.10 g (ヤクルト薬品工業株製, オノヅカ R-10) と試料 0.5 g を入れて行った。糖化温度は 50°C とし、ローテーターにより 20 rpm でゆっくり混合攪拌しながら 48 時間糖化を行った。なお、サンプリングは 6, 12, 24, 48 時間後に行い、糖化液中のグルコース濃度を定量した。分析には、SHIMADZU 製蒸発光散乱検出器 (ELSD-LT II) を用いた。カラムは Shodex Asahipak NH2P-50, オープン温度 30°C, 移動相 (純水 25% : アセトニトリル 75%) の流量は 1.0 ml / min で分析を行った。



図 1 篩別した供試試料 (もみ殻)

3. 実験結果及び考察

図 2 及び図 3 にそれぞれ未破碎と粒度 20 ~ 50 μm のもみ殻を酵素糖化した場合のグルコース濃度を示した。また、図 4 及び図 5 は大きさ 2 ~ 5 mm と 20 ~ 50 μm に篩別した稲わらの糖化処理の結果である。図 2 ~ 図 5 より、もみ殻及び稲わらの糖化は 48 時間後に完了し、グルコース濃度は最大に達したことがわかる。アルカリ処理を施した試料のグルコース濃度はもみ殻及び稲わらともに未処理より高かったが、稲わらにおいてより高い糖化促進効果が得られた。粒度は小さいほどグルコース濃度は高かったが、稲わらでは 100 μm 以下において破碎処理の効果が顕著に表れた。また破碎処理、アルカリ処理の効果はもみ殻より稲わらが高く、両方法を組み合わせるときに最大に達した。図 6, 図 7 に糖化時間 48 時間でのグルコース濃度から次式により求めた粒度別糖化

率を示す。

$$\text{糖化率(\%)} = \frac{\text{実験グルコース転換量}}{\text{セルロース含量} \cdot (C_6H_{12}O_6 / C_6H_{10}O_5 \text{分子量比})} \cdot 100$$

本実験では、アルカリ処理を施した粒度 20~50 μm の試料において最大の糖化率が示され、もみ殻で 71.9 %， 稲わらで 87.1 % と稲作廃棄物の部位によって異なる結果が得られた。前述のように稲わらの場合、アルカリ処理は 100μm 以下の破碎処理と組み合わせた場合に効果的で、最大の糖化効率が期待できることがわかった。一方、もみ殻ではアルカリ処理の効果は比較的に小さく、粒度が小さいほど破碎処理の効果が大きかった。これらの結果は、稲わらのセルロース含有割合がもみ殻より高いこと、もみ殻には稲わらと比較してシリカ成分が 7 %ほど多く含まれていることなどが挙げられ、植生物中のシリカ (SiO₂) はガラス質の骨格を形成する性質があるため、この骨格を破碎処理により物理的に破壊することにより糖化が促進されたと考えられる³⁾⁴⁾。

4. まとめ

稲わらはアルカリ処理及び破碎処理を組み合わせることで約 90%の糖化率が得られ、高い糖化促進効果が得られた。一方、もみ殻の前処理としては破碎処理が有効であったが、50μm 以下の試料の糖化率は 60%以下と稲わらより低かった。破碎処理は未利用バイオマスの有効利用において欠かせない技術として再生可能なエネルギーによる運転が期待できる発展性を持っている。またアルカリ処理は、硫酸処理より分離抽出したリグニンを有効利用できる利点があるため、バイオエタノール製造の前処理手法としての活用が期待できる。

参考文献

- 1)農林水産省，バイオマス活用推進会議事務局，主なバイオマスの発生量と現在の利用率
- 2)農林水産省，平成 19 年度東北地域バイオマス活用推進連絡会議の活動(案)，資料 2
- 3)C.H.Cho, M. Hatsu and K.Takamizawa (2002) The production of D-Xylose by enzymatic hydrolysis of agricultural wastes, Water Science & Technology, Vol.45, No.12, pp.97-99.
- 4)芦田利史・福山謙二・畠中正行 (2008) リン酸化処理による籾殻のイオン吸着剤としての検討，近

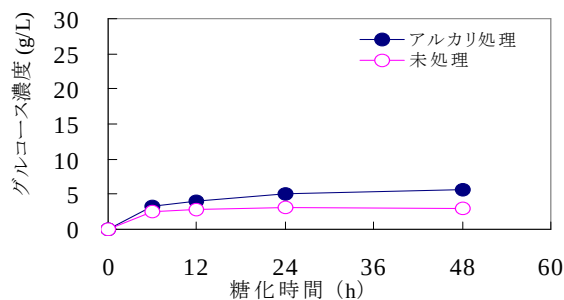


図 2 もみ殻(未破碎) のグルコース濃度

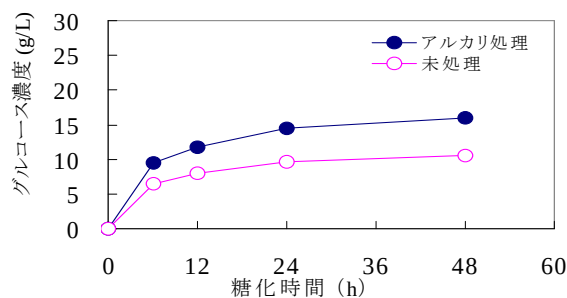


図 3 もみ殻(20~50μm) のグルコース濃度

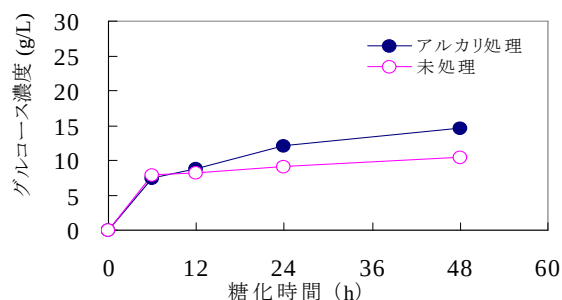


図 4 稲わら(2~5mm)のグルコース濃度

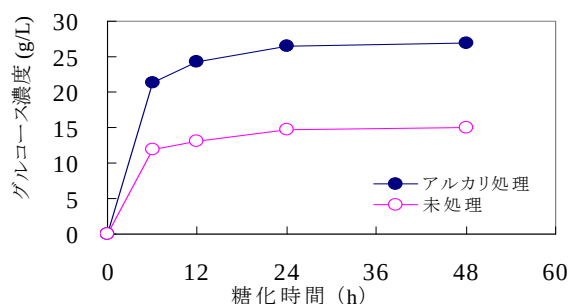


図 5 稲わら (20~50μm) のグルコース濃度

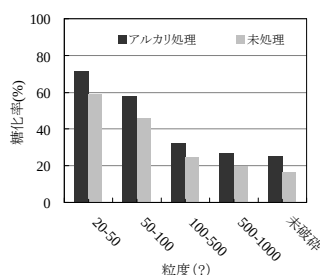


図 6 もみ殻の粒度別糖化率

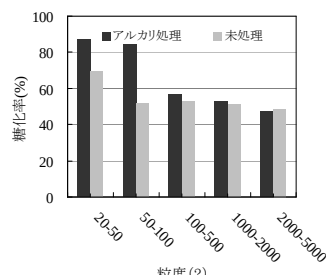


図 7 稲わらの粒度別糖化率