

熱水処理を適用したきのこ廃菌床からの資源回収量の変化

長岡技術科学大学大学院 (学) ○岡部陽平, (学) 吉田理奈, (学) 菅生亜美
中村明靖, 志田洋介, 小笠原渉, (正) 幡本将史, (正) 山口隆司
国際石油開発帝石株式会社 若山樹, 今田美郎

1. はじめに

近年,食料と競合しないセルロース系バイオマスからの資源回収が注目されている.しかし,セルロース系バイオマスは,強固な結晶構造や酵素の加水分解を妨げるリグニン成分を有しており,生物変換(酵素糖化,メタン発酵など)による直接的な利用は困難である.しかし,生物変換を行なう前に種々の前処理を施し,結晶構造の破壊やリグニンを除去することで直接的な利用が可能となる.そこで我々は,セルロース系バイオマスが有する結晶構造の破壊や阻害成分であるリグニンを除去するための前処理として熱水処理に着目した.本研究では,国内で年間約30万トン排出されているきのこ廃菌床を対象として,酵素糖化およびメタン発酵の前処理として熱水処理を適用し,糖およびメタンの回収率の向上を試みた.

2. 実験方法

本実験には,新潟県内のきのこ栽培工場から収集したマイタケ栽培後のきのこ廃菌床を用いた.きのこ廃菌床は,特にふるい分けなどによる粒径の調整を行わずに,塊状のものをほぐし,実験に使用した.きのこ廃菌床の構成成分は,1.0 g-DM (1.0 g-Dry Material:乾燥重量)あたりセルロース0.55 g,ヘミセルロース0.27 g,リグニン0.16 g,灰分0.02 gであった.セルロースおよびヘミセルロース,リグニン,灰分の測定は(一財)日本食品分析センターに委託した.

2.1 熱水処理試験

熱水処理には日東高圧(株)の熱水処理装置を用いた.きのこ廃菌床濃度はVS(Volatile Solid)基準で3%(w/v)とした.処理温度は180, 200, 220°C,反応時間は30 minとした.熱水処理後,固液分離を行い,溶出したリグニンの濃度測定を行った.リグニンは吸光光度計(DR/2500, HACH)を用いたTyrosine Methodにより定量した.また,180, 200°Cで熱水処理した残渣においては,セルロース,ヘミセルロース成分の分析を行なった.分析は日本食品分析センターに委託した.

2.2 酵素糖化試験

酵素糖化試験には,(株)明治の酵素製剤(Meiselase)を用い,酵素濃度は3.0 g/Lとした.熱水処理残渣の濃度は5%(w/v, VS基準)とした.初期pHは5.0に調整し,反応容器であるバイアル瓶は50°Cの恒温槽において約150 strokes/minで振とうさせた.反応時間は48 hrとした.反応終了後,溶解性全糖濃度をフェノール・硫酸法を用いて測定した.また,180および220°Cの系において,酵素糖化試験に用いた熱水処理残渣中のセルロースおよびヘミセルロースあたりの糖回収量を算出した.

2.3 メタン発酵試験

植種汚泥には,長岡市の下水処理場から採取した中温下水消化汚泥を用い,分散処理後,25 mM リン酸緩衝液による洗浄を施し,メタン発酵試験に供した.基質には熱水処理を施したきのこ廃菌床を用いた.基質濃度は汚泥と1:1(w/w, VS基準)とした.初期pHは,1M-NaOHおよび1M-HClを用いて 7.0 ± 0.1 に調整した.バイアル瓶は35°Cの恒温槽において約100 strokes/minで振とうさせ,反応時間は30 dayとした.生成したバイオガスの量と組成成分を測定した.バイオガスの組成成分はガスクロマトグラフィーを用いて行った.また,180, 200°Cで熱水処理した残渣においては,メタン発酵試験に用いた熱水処理残渣中のセルロースおよびヘミセルロースあたりのメタン回収量を算出した.

[キーワード]: セルロース系バイオマス, 熱水処理, 酵素糖化, メタン発酵

[連絡先]: 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壤環境制御工学研究室 TEL: 0258-47-1611 (内線 6646) E-mail: s103312@stn.nagaokaut.ac.jp

3. 実験結果および考察

3.1 熱水処理試験

処理溶液中のリグニン濃度の測定を行なった結果、リグニン溶出率は、処理温度の上昇に従い、増加する傾向を示し、処理温度 220°C において最大で 43%であった (図 1)．熱水処理により、酵素糖化およびメタン発酵の利用可能成分であるセルロースの割合が増加した (図 2)．処理温度 180, 220°C において、残渣中のヘミセルロースの割合は非常に小さい値となり、ヘミセルロースは 180°C よりも低温条件で分解され始めているものと考えられる．熱水処理により酵素の加水分解を妨げるリグニンが除去され、セルロースが増加することが示唆された．

3.2 酵素糖化試験

熱水処理を施した系のセルロースおよびヘミセルロースあたりの糖回収量は、未処理のきのこ廃菌床を酵素糖化した系と比較して増加した (図 3)．処理温度 220°C の系において、糖回収量は未処理の系の約 11 倍となり、熱水処理によりセルロースの利用率が向上していることが確認された．さらに、未処理および熱水処理を施したきのこ廃菌床について走査型電子顕微鏡による観察を行った．未処理のきのこ廃菌床は滑らかな組織表面であったが、熱水処理を施したきのこ廃菌床は組織表面に穿孔している様子が確認され、表面積の増加が確認された (データ未掲載)．これらのことから、熱水処理によって、酵素が接触できるセルロース部分の割合が増加し、糖化率が向上することが示唆された．

3.2 メタン発酵試験

熱水処理を施した系のセルロースおよびヘミセルロースあたりのメタン回収量は、未処理のきのこ廃菌床の系と比較して増加し、180および 220°C の系において未処理の系の約 1.5 倍となった (図 4)．これは、熱水処理によって、メタン発酵に利用されやすいセルロースなどの易分解部分が増加したためであると考えられる．

4. まとめ

未処理の系と比較し、セルロースおよびヘミセルロース成分あたりの糖回収量は約 11 倍 (処理温度：220°C) に増加した．また、メタン回収量は、約 1.5 倍 (処理温度：180, 220°C) に増加した．以上のことから、きのこ廃菌床に熱水処理を施すことで、生物変換に利用可能なセルロース成分が増加し、糖およびメタンの回収率が向上することが確認された．

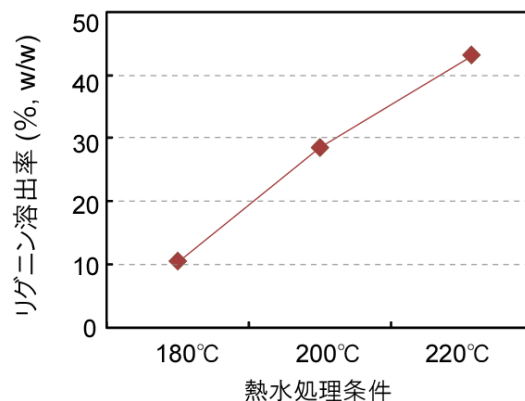


図 1 熱水処理溶液へのリグニン溶出率

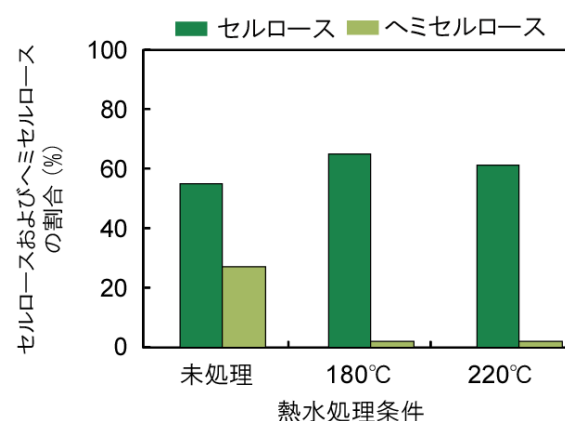


図 2 熱水処理残渣中のセルロースおよびヘミセルロースの割合

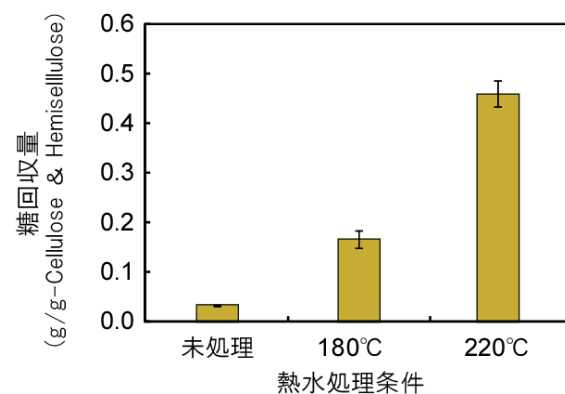


図 3 酵素糖化における糖回収量

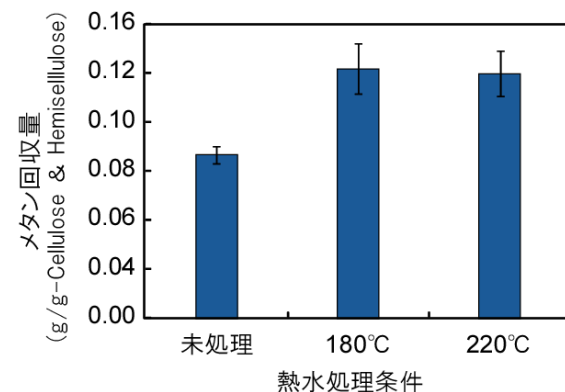


図 4 メタン発酵におけるメタン回収量