

きのこ廃菌床からの資源回収プロセスの構築

長岡技術科学大学 ○齋藤耕平, 中村明靖, 幡本将史, 高橋優信, 志田洋介, 小笠原渉, 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, 国際的なエネルギー資源の枯渇問題が懸念されており, 従来の化石燃料に代わるエネルギー資源の一つとして, セルロース系バイオマスが注目されている。セルロース系バイオマスは, 再生可能かつ食料と競合しない資源であり, 糖やガス化などの資源化が期待されている。代表的な資源化技術として, 酵素糖化を利用したバイオエタノール生産の研究が盛んに行われている。しかし, 単一の資源回収に固執するのではなく, バイオマスが含有するリグニンやシリカ等の資源 (有価物) を回収し, 酵素糖化後に排出される糖化残渣も有効利用することが必要である。

本研究グループは, 前処理を施したセルロース系バイオマスを経由して糖や有価物等の資源を回収し, さらに酵素糖化後に排出される糖化残渣をメタン発酵により処理を行い, エネルギーを回収する多段型の資源回収プロセスの構築を目指した (図1)。本研究において対象とするバイオマスは, 国内で年間約 30 万トン排出されているきのこ廃菌床とした¹⁾。きのこ廃菌床の一部は堆肥, 家畜敷料やボイラーの燃料等に利用されているが, 殆ど産業廃棄物として有償処理されているのが現状である。本研究では, きのこ廃菌床の有効利用を目的として, 多段型の資源回収プロセスを適用し前処理, 酵素糖化, メタン発酵の回分実験を行った。そして, 資源回収技術として有効なプロセスの検討を行った。

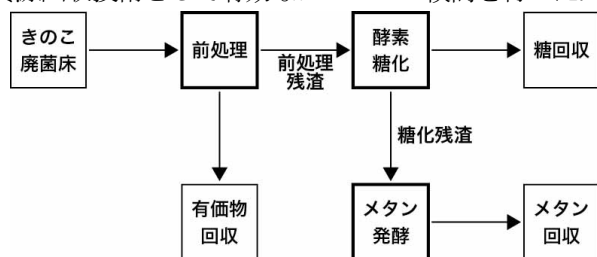


図1 多段型プロセスの概要図

2. 実験方法

本実験に用いたきのこ廃菌床は, 新潟県内のきのこ栽培工場から収集した。きのこ廃菌床の成分組成は, 1 g-Dry Material (以下 DM) 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。各成分の分析は, (財) 日本食品分析センターに委託した。

2.1 前処理試験

本実験では, 脱リグニンおよび酵素のアクセシビリ

ティを向上させることに有効な NaOH 処理を蒸煮処理により行った。NaOH 溶液濃度は, 0.5, 1.0, 2.0 %-NaOH (w/v) とした。基質であるきのこ廃菌床の濃度は, Volatile Solids (以下 VS) 基準で 5 % (w/v) とした。蒸煮温度はホットプレートを用いて 90 °C, その処理時間は 90 分間とした。処理後は固液分離を行い, 処理液および前処理残渣を回収した。前処理残渣回収量から前処理残渣回収率を算出した。また, 処理液は 0.45 μm のろ紙 (PTFE) でろ過した後, 溶解性のシリカ, リグニンおよび全糖の分析を行なった。

2.2 酵素糖化試験

酵素糖化には, (株) 明治の酵素製剤 (Meiselase) を用いた。酵素濃度は, 系内において 3 g/L (0.06 g/g-VS sub.), 基質である前処理残渣の濃度は, 5 % (w/v, VS 基準) とした。初期 pH を 5.0 に調整し, 50 °C の恒温槽において約 150 strokes/min で振とうさせた。糖化反応時間は 48 時間とした。反応終了後, 糖化液は 0.45 μm のろ紙 (PTFE) でろ過した後, 全糖濃度を分析した。

2.3 メタン発酵試験

メタン発酵に用いた植種汚泥は, 長岡市の下水処理場から採取した中温下水消化汚泥を分散処理した後, 25 mM リン酸緩衝液により洗浄を施したものを用いた。基質である糖化残渣は, 汚泥と 1:1 (w/w, VS 基準) で 5 g/L となるように投入した。初期 pH は 7.0 ± 0.1 に調整し, 分注後のバイアル瓶は恒温槽において 35 °C, 約 100 strokes/min で振とうした。試験期間は 30 日間とした。生成したガス量および組成は, ガスクロマトグラフィーを用いて分析した。

3. 実験結果

3.1 前処理試験

前処理残渣回収率は, NaOH 濃度の増加に伴い (0.5~2.0 %) 減少傾向を示した (図2)。また, 各 NaOH 濃度において処理液中に 0.20~0.25 g/g-DM の糖を確認した。NaOH 処理は, リグニンの他にヘミセルロースも溶出することが報告されている²⁾。リグニンの資源回収量は, NaOH 濃度 2.0 %において 0.048 g/g-DM であり, このときのリグニン溶出率は, 29.5 % (w/w) であった。

3.2 酵素糖化試験

糖回収量 (きのこ廃菌床 1 g-DM から得られる糖量) は, 実験で得られた糖収率 (投入 VS あたりの回収量) および前処理残渣回収率の数値を用いて算出した (図3)。糖回収量は, NaOH 濃度 0.5~2.0 %で増加傾向であり,

【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 工学研究科 環境・建設系 環境システム工学専攻 水圏土壌環境制御工学研究室 齋藤耕平 TEL : 0258-47-1611 (内線 6646) E-mail : s_kohei@stn.nagaokaut.ac.jp

【キーワード】 : バイオマス, メタン発酵, 資源化

きのこ廃菌床 1 g-DM から最も糖を回収できる条件は、きのこ廃菌床を NaOH 濃度 2.0 % で処理した場合で 0.17 g/g-DM であった。しかし、全糖回収率が 20.9 % と低いいため、酵素のアクセシビリティが不足していることに起因するものだと考えられる。

3.3 メタン発酵

メタン発酵は、糖化残渣および本プロセスの比較系として前処理残渣を用いて行った。また、酵素糖化試験と同様にメタン回収量 (きのこ廃菌床 1 g-DM から得られるメタン量) は、得られたメタン収率 (投入 VS あたりの回収量) および糖化残渣回収率を用いて算出した (図4)。各 NaOH 濃度におけるメタン回収量は、前処理残渣と糖化残渣の間で 2~3 倍程度の差があった。これは、酵素糖化によって糖化残渣に含まれる易分解性の有機物の減少に起因するものだと考えられる。糖化残渣をメタン発酵した場合、きのこ廃菌床 1 g-DM から最もメタンを回収できる条件は、NaOH 濃度 0.5 % で 63.7 mL/g-DM であった。

3.4 全工程における物質収支

全工程において、きのこ廃菌床 1 g-DM から回収した資源回収量を用いて物質収支を算出した (図5)。溶出糖、溶出シリカおよび溶出リグニンは NaOH 処理で回収、回収糖およびメタンは、それぞれ酵素糖化、メタン発酵で回収した資源である。各 NaOH 濃度で前処理したきのこ廃菌床の原料に対する資源量 (きのこ廃菌床から分離可能な成分量) は、それぞれ 0.40, 0.43, 0.51 g/g-DM であった。NaOH 濃度 2.0 % では 0.5~1.0 % と比較して、メタン回収量が少なかったが、前処理および酵素糖化で回収可能な資源が最も多かった。以上の結果から、本プロセスに NaOH 前処理を適用した場合、最も多く資源を回収できる条件は、NaOH 濃度 2.0 %、処理時間 90 分、処理温度 90 °C であった。また、本プロセスはリグニン、シリカ、メタン等の資源やエネルギーを回収することが可能であり、酵素糖化を単一で行うよりも有効な資源回収技術であることが示唆された。

4. まとめ

本研究で提案した多段型プロセスをきのこ廃菌床に適用した結果、NaOH 濃度 2.0 % で前処理を施すことによって 0.17 g/g-DM の糖が回収可能であった。このときの全糖回収率は 20.9 % であった。また、糖化後に排出される糖化残渣を用いてメタン発酵を行い、糖化残渣からもメタンを回収可能であることが確認できた。以上の結果から、多段型の資源回収プロセスをきのこ廃菌床に適用することで、多種類の資源やエネルギー回収が回収可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) 松村ら, キノコ廃菌床発生量の推定, 第56回日本木材学会大会 CD-ROM 要旨集, PT026, 2006
- 2) Silverstein *et al.*, A comparison of chemical pretreatment methods for improving saccharification of cotton stalks, *Bioresource Technology* 98, 3000-3011, 2007

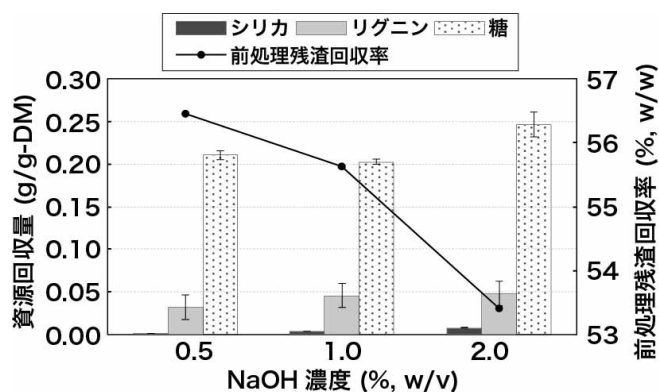


図2 前処理後の資源回収結果

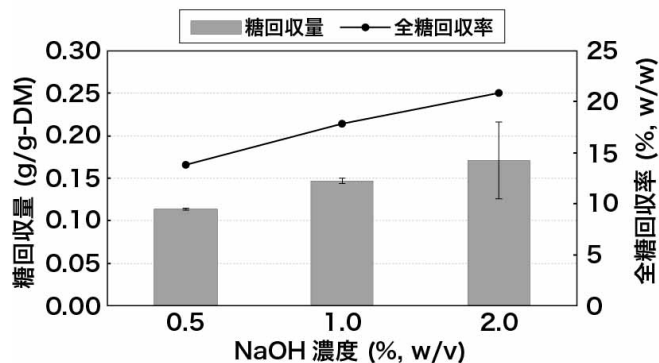


図3 酵素糖化の糖回収結果

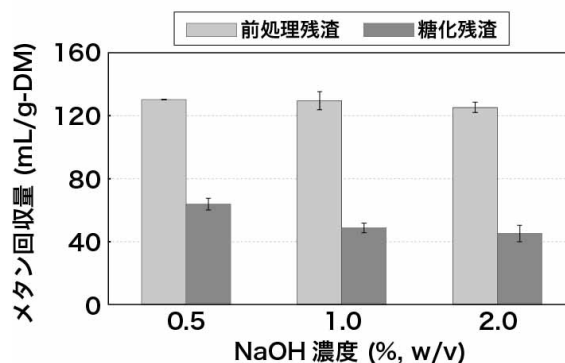


図4 メタン発酵のメタン回収結果

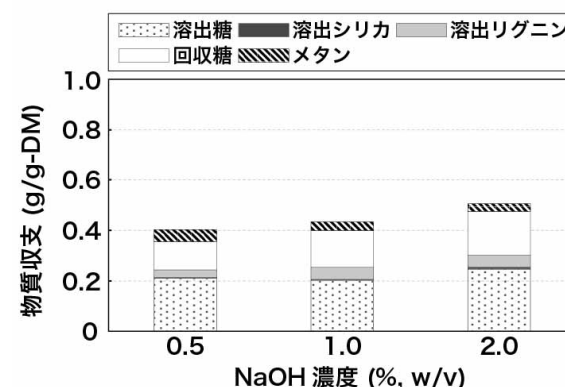


図5 全工程における物質収支