

バイオマスエネルギー資源化技術の開発

調査研究部 渡邊久典

地球温暖化を抑制するためには、代替エネルギーとしてバイオマスの利用が不可欠です。バイオマスエネルギー資源化技術としては、種々の手法がありますが、このたび当センターで蓄積してきたノウハウを生かして、木材からの水素発酵の可能性について検討しました。この結果、木材からの連続的な水素生成を確認したほか、水素生成の停止要因を明らかにしました。

1 はじめに

1. 1 背景

産業革命以降の近代社会の繁栄は、石炭や石油、天然ガスに代表される化石燃料の大量消費により成り立っています。また近年においては、BRICsと呼ばれる中国やインドなど、経済発展の著しい国々で、化石燃料の消費が拡大の一途を辿っているところです。この化石燃料の消費拡大により、大気中の二酸化炭素濃度を増加させ、地球の平均気温は上昇し、海面上昇による陸域への影響など地球規模での変化が生じてきております。

地球温暖化を少しでも抑制するためには、化石燃料依存からの脱却、すなわち代替エネルギーの利用が不可欠であります。近年、バイオマスエネルギーがカーボンニュートラルとしての性質を備えていること、代替エネルギーとしての適性の面から優れていることからクローズアップされております。

バイオマスを代替エネルギーとして利用する手法としては、直接燃焼してエネルギーを利用するほか、水素などのエネルギー資源に変換する手法があります¹⁾。

バイオマスをエネルギー資源に変換する手法としては、ペレット化などの物理的手法、熱分解ガス化やバイオディーゼルなどの熱化学的手法、エタノール発酵²⁾やメタン発酵、水素発酵³⁾、微生物電池⁴⁾などの生物化学的手法に分けられます。これらの資源化技術は、適用されるバイオマスの種類や変換による生成物にそれぞれ特徴があります。

1. 2 バイオマス資源化技術の種類

代表的なバイオマス資源化技術について以下に概説します。

① 熱分解ガス化

酸素不足の条件下で加熱して可燃性ガスを得る手法です。リグニン質を多く含むバイオマスではタールや煤を副生しやすく、このタールや煤が可燃性ガスの発生に悪影響を及ぼします。

② バイオディーゼル

大豆油などの植物油や廃食油とメタノールを反応させることにより、ディーゼル油相当の燃料油を製造する手法です。反応によってはグリセリンが副次的に生成し、処理の問題を生じます。

③ エタノール発酵

バイオマスに含まれるセルロースやデンプンなどの多糖類を単糖にする前処理を施した上で、パン酵母などのエタノール発酵微生物を用いて単糖を分解し、エタノールを生産する手法です。ブラジルやアメリカにおいては既に事業化されています。

④ メタン発酵

食品残さ等を発酵させてメタンガスを回収する手法です。下水汚泥や畜産廃棄物など多様なバイオマスに対して適用可能であり、運転管理も比較的容易となっています。

⑤ 水素発酵

水素生成菌が炭水化物を分解して水素を生成するしくみを利用した手法です。将来的に移行が予想される水素社会において、エネルギーシステムの中核を担う燃料電池に供給するための水素の製造方法の一つとして近年注目されています。

2 研究目的

バイオマスの種類としては、農業系残さや下水汚泥など様々あります。このなかで、賦存量の多い木質系バイオマスでは、バイオマスとしての利用方法が限定的となっていることから、今後より一層リサイクルを図るべき資材と考えられます。

当センターでは、バイオマス変換技術である水素発酵に注目し、残飯や小麦フスマなどデンプン質を含む廃棄物に対して水素発酵の可能性を検討し、水素発酵技術のノウハウを蓄積してきました。具体的には、建設廃木材等の新たな利活用として、木材を酸処理した基質を用いた水素発酵の有効性を検証することを目的に研究を実施しました。

3 実験方法

3.1 木材の前処理

硬質ガラス製容器にスギ材粉末と希硫酸を入れてオートクレーブ処理し、スギ材中のセルロースを可溶化・糖化して木材糖化液を作成しました。

3.2 糖化液の水素発酵試験

連続発酵装置は、基質タンク、水素発酵槽、pH測定装置、pH電極、酸化還元電位（ORP）測定装置、ORP電極、ガスホルダーおよび液送ポンプで構成されています（図1）。

まず3.1で作成した木材糖化液と酵母抽出物、植種源を水素発酵槽に入れ、35℃に維持しながら発酵を行い、水素生成が停止した後、3.1の前処理で作成した木材糖化液を連続的に流入させると同時に発酵液を少量ずつ排出し、連続水素発酵を開始させました。

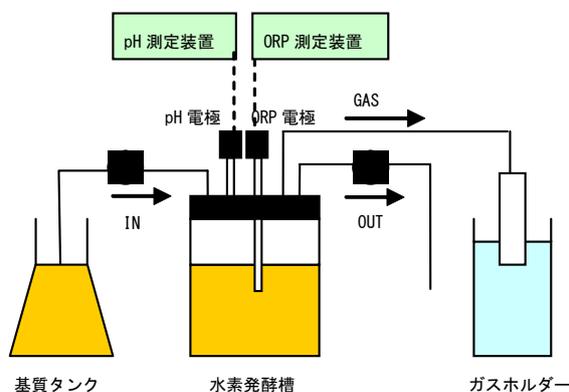


図1 連続発酵装置

3.3 発生ガス及び発酵液の分析方法

発生ガス中の水素の割合は、TCD検出器付ガスクロマトグラフで測定しました。また、発生ガス量は、水上置換法により測定しました。発酵液中の糖組成はゲル浸透クロマトグラフで、また有機酸濃度は高速液体クロマトグラフで分析しました。さらに発酵液中の糖濃度は、グルコースを標準物質としてフェノール硫酸法で分析しました。

4 実験結果及び考察

図2に106日間にわたって定期的に水素ガス発生速度を測定した結果を示します。これより、発酵開始から60日間にわたって最大で1日あたり100mLの水素生成が確認されました。しかしその後は水素生成が急激に低下し、回復することはありませんでした。

ここで、水素生成が順調であった36日目における木材糖化液のゲル浸透クロマトグラフの分析結果から、グルコースなどの単糖成分は少なく、オリゴ糖、多糖類を多く含むことが分かり、また、糖

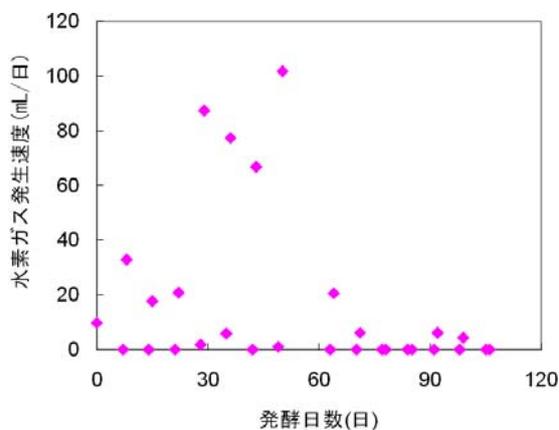


図2 水素ガス発生速度の経時変化

化液の分析結果と比較して、発酵廃液中のオリゴ糖と多糖類に対応するピークの低下が確認されました。この結果、本研究での水素発酵では、供給する栄養源が単糖まで分解されていなくても、オリゴ糖や多糖類を利用して水素の生成が可能であることが明らかとなりました。

図3に ORP の経時変化を示します。これより水素ガス発生速度が急激に低下した63日目以降においては ORP も急速に低下して嫌気状態となり、その後 ORP は若干回復していることが分かりました。これより、一旦嫌気状態が高まって水素生成が中断すると回復は困難であり、ORP を高めに維持し続けることが水素生成を長期継続させるポイントと考えられました。

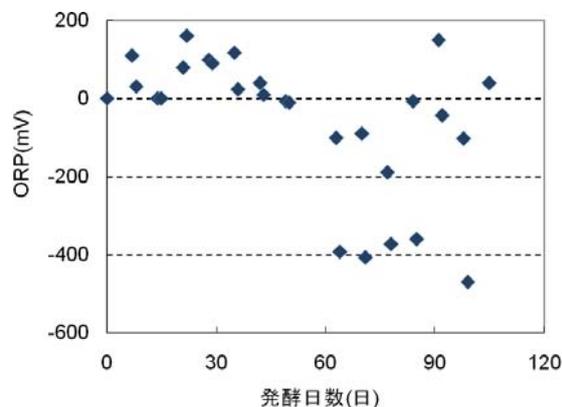


図3 酸化還元電位(ORP)の経時変化

5 まとめ

木材を酸処理した基質を用いた水素発酵を検討し、以下の(1)～(2)の知見を得ました。

- (1) 木材の可溶化・糖化液を使って、60日間にわたって水素を生成することが出来ました。
- (2) 連続処理が63日を超えると、水素生成量が急速に低下し、その後回復しませんでした。よって、水素生成が中断されると回復は困難であると推測されました。

6 今後の予定

セルロース等の難溶解性多糖類を溶解する溶媒として、近年注目されているイオン液体を用いた木材の前処理手法について検討します。

引用文献

- 1) (社)日本エネルギー学会 (2002) バイオマスハンドブック, オーム社
- 2) 大聖 泰弘/三井物産(株) (2004) バイオエタノール最前線, 工業調査会
- 3) 渡邊久典, 吉野秀吉 (2006) 小麦フスマを基質とする水素発酵における初期 pH 及び培養温度の影響, 環境技術, 35(10), p744-751
- 4) 渡邊久典 (2008) 食品残さ(小麦フスマ)を用いた微生物電池に関する研究, 日エネ誌, 87(10), p846-851