

短報

有機性廃棄物の水素・メタン二段発酵プロセスにおける発酵条件の検討

渡邊久典, 田所正晴
(環境技術部)

経常研究 [平成 18 年度]

1 目的

バイオマス・ニッポン総合戦略が平成14年に策定され、バイオマスの有効利用に対する政策支援が強化されている。ここで、バイオマスの一つとして有機性廃棄物である小麦フスマの発生状況を見ると、小麦製粉業界全体で年間約 120 万tも発生している。しかし、この小麦フスマの多くは焼却処分されており、家畜飼料や堆肥と並んで新たなリサイクル用途の開発が求められている。

一方、有機性廃棄物を有効利用する方策として、近年、水素発酵が注目を集めている。筆者らは、これまでに、基質として小麦フスマを用いた水素発酵を行う場合、植種せずに水素を回収可能であること、リアクターを加熱せずに室温で水素を生成可能であることを確認した¹⁾。しかし、この水素発酵の終了後の廃液には、酢酸、酪酸等の有機酸が高濃度に蓄積するという課題が残された。この廃液の処理については、悪臭等の問題から系外に放流することは出来ず、そのまま好氣的処理するのも、曝気等の消費エネルギーが大きいため総合的なエネルギー効率の観点からは好ましくないと考えられる。よって、小麦フスマの水素発酵を実用化するためには、発酵終了後の廃液を全体的なエネルギー効率を極力損なわずに処理して系外に放出する必要がある。

そこで本研究では、小麦フスマを用いて連続的に水素発酵を行い水素ガスを回収するとともに、水素発酵終了後の廃液をさらにメタン発酵槽にて発酵させることにより、水素発酵により副次的に産出した酢酸、酪酸等の有機酸をメタンガスに変換することを目的とした。

2 方法

2.1 実験装置

図1に水素発酵槽とメタン発酵槽の二槽を連結した実験装置を示す。実験方法は、小麦フスマ及びイオン交換水を水素発酵槽に連続的に投入して水素ガスを生成させ、さらに水素発酵液をメタン発酵槽に投入してメタンガスを発生させたいうで廃液を系外

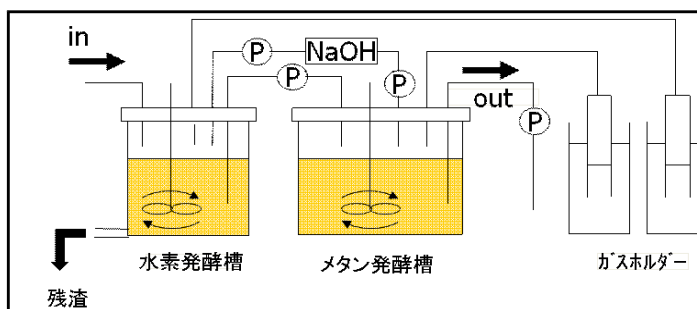


図1 水素・メタンガス二段発酵装置

に連続的に排出する、連続水素・メタン二段発酵とした。

2.2 発生ガス及び発酵液の分析方法

発生ガス中の水素、メタン、炭酸ガスの割合をガスクロマトグラフ-熱伝導度検出器 (GC-TCD) で、発生ガス量を水上置換法により測定し、標準状態に換算した。また、発酵液中の有機酸濃度を高速液体クロマトグラフィー (HPLC) で分析した。

2.3 水素発酵汚泥のSEM観察

水素発酵残さを成書²⁾に従って前処理し、(株)日立ハイテクノロジーズ製S-3400N型走査電子顕微鏡 (SEM) にて観察した。

3 結果と考察

約3か月間馴養したメタン発酵槽に水素発酵廃液を連続的に投入したところ、約 3,700 時間にわたって連続的に水素及びメタンガスを生成させることに成功した。全体的なガス発生挙動としては、水素ガス生成速度は 5.0 ~ 70ml/日、メタンガス生成速度は 25 ~ 200ml/日の間で推移した(図2)。

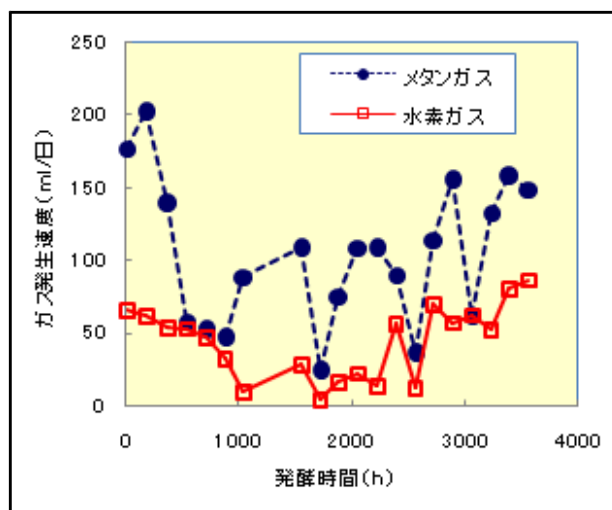


図2 水素及びメタンガス生成速度の経時変化

3. 1 連続水素発酵について

水素ガスの発生挙動については、発酵開始から1,000 時間程度経過した時点まで減少する傾向が観察されたが、ここで発酵残さを完全に水素発酵槽から排出する方式に切り替えたところ、水素生成速度が上昇する傾向を示した。

発酵時間 500 時間及び 1,000 時間での水素発酵汚泥の SEM 写真を図 3, 4 に示す。水素ガスの生成が順調であった 500 時間頃では長さ 2 μm 程度の短桿菌がデンプン粒子に複数付着している様子が観察されたが、水素生成量が減少傾向となった 1,000 時間では、先ほど観察された短桿菌は見られず、0.5 μm 程度の菌がデンプン粒子に付着している様子が観察された。これから、残さが水素発酵槽に堆積することにより水素資化性細菌が増殖し、結果として回収される水素ガス量が減少したと推測された。

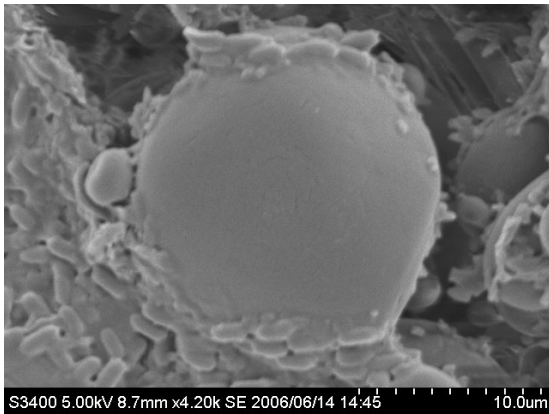


図3 500時間後の水素発酵残渣SEM写真

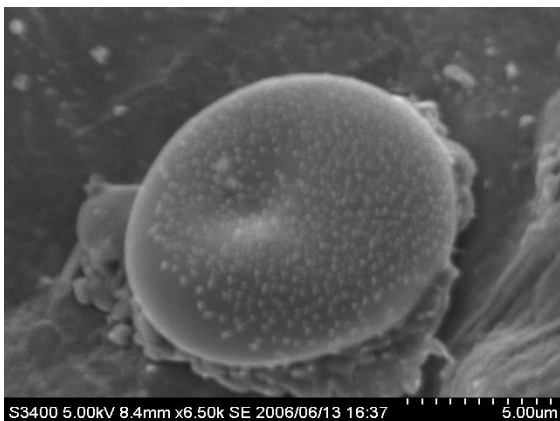


図4 1000時間後の水素発酵残渣SEM写真

3. 2 連続メタン発酵について

メタン発酵槽中の有機酸濃度は、1,000 ~ 2,300 時間の間では検出限界未満で推移していたが、この後、酢酸とプロピオン酸の濃度は上昇に転じ、最大で 1,180mg/l (酢酸), 382mg/l (プロピオン酸) に達した(図 5)。

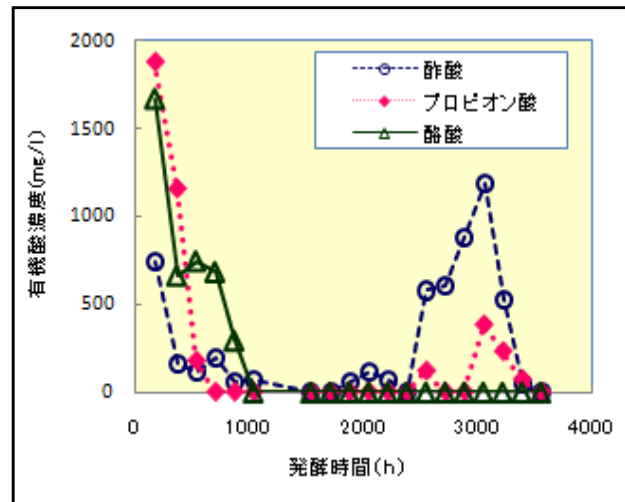


図5 メタン発酵槽の有機酸濃度の経時変化

これは、メタン発酵槽内の pH が 5.89 と酸性側にシフトしてメタン菌の活性が低下したことによると推測され、これを受けて槽内 pH をアルカリ側にシフトさせたところ、メタン発酵槽内の有機酸濃度は減少傾向を示した。このことから、フスマ水素発酵液を用いたメタン発酵の運転管理としては、消石灰による中和操作など、pH の低下防止策に特に留意する必要があることが示唆された。

4 まとめ

小麦フスマを基質として約 3,700 時間にわたって連続的に水素ガス及びメタンガスを生成することが可能であることが示された。連続水素発酵については、残さを排出せずに実施した場合には水素生成量が減少する傾向が観察されたが、残さを完全に排出する方式に変更すると、水素生成が回復した。また水素発酵液を連続的に投入しメタン発酵を試みたところ、メタン発酵槽のアルカリ度及び pH の低下が観測された。これは、小麦フスマに含まれるタンパク質が比較的少ないため、その分解生成物であるアンモニウムイオン生成量が少なかったことによると推測された。これより、メタン発酵の長期的連続運転の安定化のためには、消石灰やタンパク質を多く含む有機性廃棄物を同時に投入するなどしてアルカリ度を上昇させることが必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 渡邊久典, 吉野秀吉: 小麦フスマを基質とする水素発酵における初期 pH 及び発酵温度の影響, 環境技術, .35 (10), 744-751 (2006)
- 2) 天児和暢, 小池聖淳: 微生物学における電子顕微鏡技術 (上), 学会出版センター, 23-36 (1985)

発表等

第 18 回廃棄物学会研究発表会 (2007)