

固定床担体リアクタを用いたデンプンからの嫌気性水素発酵に関する基礎的研究

熊本大学工学部 学生会員 油井啓徳
熊本大学工学部 非会員 岩佐知典

熊本大学工学部 正会員 川越保徳
熊本大学工学部 正会員 古川憲治

1. はじめに

近年、世界的規模で石油の消費量が急増しており、将来的には化石燃料の枯渇が懸念される。資源が少ないわが国ではエネルギーの確保と維持が重要な課題の一つであり早急な対策が求められている。また地球温暖化防止の観点からは、燃焼時に温室効果ガスである二酸化炭素を発生する化石燃料に代わるエネルギーが求められており、代替エネルギーの一つに水素がある。水素は燃焼しても二酸化炭素を発生しないクリーンエネルギーであり、エネルギーの転換効率も高く、次世代エネルギーとして期待されている。水素の生産方法には電気分解等があるが、微生物によって有機物から生成することも可能である。これは有機性廃棄物を有効利用しエネルギー源として水素を回収する方法としても注目されている。

現在我々の研究室では嫌気性水素発酵の研究を進めている。これまでの水素発酵の研究では、主に懸濁微生物を用いるリアクタが用いられているが、この場合、有用微生物を高濃度化し保持するのは難しい。一方、固定床担体リアクタを構築できれば、菌を長期間にわたり担体に保持することができ、より高負荷下で高速な水素発酵を行える可能性がある。そこで本研究では安定・高速な水素生成を目的として、付着固定化担体として不織布を用いた固定床担体リアクタによるデンプンからの水素発酵について検討した。

2. 実験材料及び方法

2.1 植種源

植種源として下水処理場の消化汚泥、沖縄牛糞のコンポスト、造園コンポスト、中温発酵コンポストを各 1g ずつ用いて混合し pH 処理 (pH3.0、温度 50℃で 24 時間静置) し pH7.0 に戻したものを使用した。

2.2 回分実験方法

容積 2L のリアクタに、不織布を設置し、濃度 18g/L のデンプンを炭素源とした培地を 1.6L 投入し、上記の植種源を添加した。その後 Ar ガスで曝気し、温度 35℃、攪拌速度 100rpm、初期 pH6.7 の条件下で実験を行った。2 回目以降は前回の回分実験が終了する毎に不織布を取り出し、新たな培地に移し替えることで繰り返し回分実験を行った。

2.3 連続実験方法

図-1 に連続実験装置の模式図を示す。回分実験終了後に同様の実験装置を用いる連続実験に切り換えた。実験条件は、温度 35℃、攪拌速度 100rpm、HRT 24h とし、炭素源には濃度 18g/L デンプンを用いた。pH は 4.0～5.0 の範囲で変化させ pH の水素生成量に及ぼす影響についても調べた。

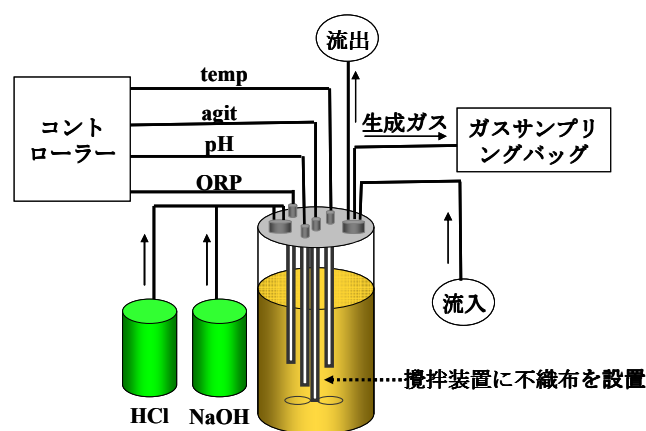


図-1 連続実験装置の模式図

2.4 分析方法

生成ガスはガスサンプリングバッグで捕集し、ガス量はガスメーター、ガス濃度 (H_2 、 N_2 、 O_2 、 CO_2 、 CH_4) は TCD 付ガスクロマトグラフでそれぞれ測定した。また発酵液について、フェノール硫酸法により糖濃度を測定し、液体クロマトグラフを用いて揮発性有機酸 (VFAs: 酢酸、酪酸、乳酸、プロピオン酸、吉草酸) 濃度を測定した。

3. 実験結果

3.1 不織布担体を用いた回分実験における pH と水素生成量の関係

計 5 回にわたる回分実験での水素収率と糖消費率を図-2 に示す。回分回数を重ねるごとに糖消費、水素収率ともに増加し、5 回目では 1.25 (mol-H₂/mol-glucose) が得られた。回分回数を重ねる度に水素収率が増加するのは、回を重ねることで不織布に水素発酵菌が集積されたことによるもの推定される。

図-3 に各回分培養における一日ごとの pH と水素収率を示す。ここで 4 回目と 5 回目の培養時、水素収率が最も高かった 2~3 日目の pH は 4.0~5.0 であることが分かる。この結果から pH4.0~5.0 が本研究条件における水素発酵の最適 pH と推定される。

3.2 連続実験における水素生成

回分実験の結果をふまえて pH4.0 から段階的に pH を上げて、連続実験を行い、得られた収率の経時変化を図-4 に示す。図-4 から明らかなように、最も水素収率が高いのは pH5.0 の時であり、高い収率を維持することができた。一方、pH4.0 及び 4.5 では水素生成量は低いことがわかった。

3.3 水素生成量と VFAs 濃度の関係

連続実験における VFAs の経時変化を図-5 に示す。pH5.0 においては酢酸、酪酸が高濃度で検出された。一方、乳酸発酵を行う乳酸菌は水素生成菌と基質競合する可能性が高く、水素生成の阻害要因となる。今回 pH5.0 の条件下では乳酸濃度は低く、これが高い水素収率を維持できた理由ではないかと考えられる。

4. まとめ

1. 不織布を用いた回分実験において、回を重ねるごとに水素収率が増加し、水素発酵菌の担体への付着集積が推定された。
2. 連続実験から、pH が水素生成に大きな影響を与え、本研究では pH5.0 の時に最も高い水素収率を維持することができた。
3. 連続実験において pH5.0 では酢酸、酪酸が高濃度で検出されたが、水素収率の変化に伴う変動が見られた。また pH5.0 では乳酸濃度は低く乳酸菌による阻害の抑制が示唆された。

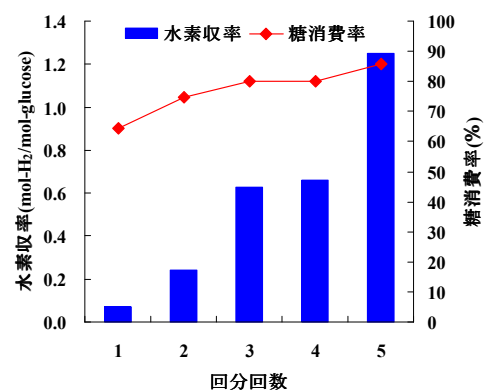


図-2 水素収率と糖消費率

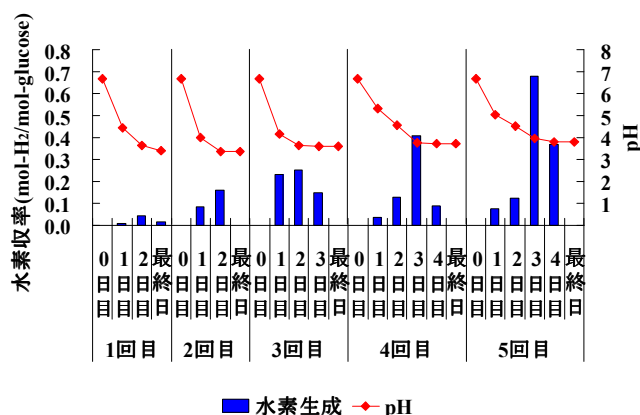


図-3 水素収率と pH

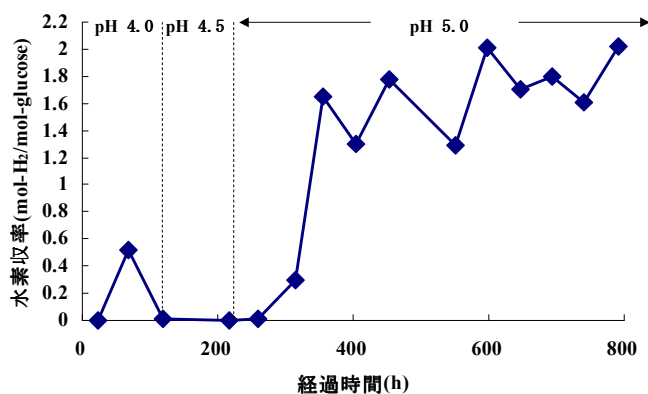


図-4 水素収率の経時変化

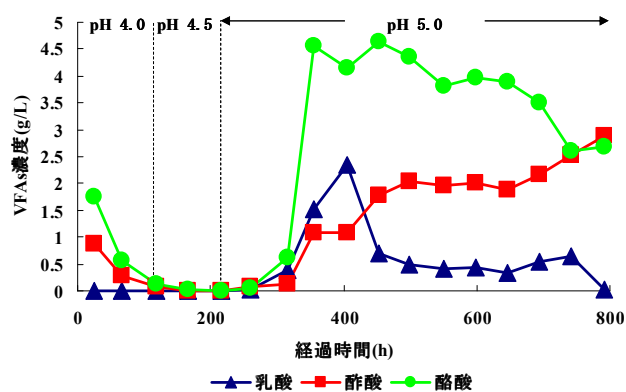


図-5 VFAs 濃度の経時変化