

固定床担体を用いた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	藤崎幸市郎
熊本大学大学院	非会員	中尾雅治
熊本大学大学院	非会員	岩佐知典
熊本大学大学院	正会員	川越保徳
熊本大学大学院	正会員	古川憲治

1. はじめに

近年、地球温暖化の原因として化石燃料の燃焼時に発生する二酸化炭素が問題となっており、化石燃料に代わるエネルギー源として、燃焼時に二酸化炭素を生成しない水素ガスが注目されている。水素ガスは天然ガスからの回収や水の電気分解にて生成可能であるが、コスト面等の課題も多い。一方で、バイオマスや有機性廃棄物を材料として、それらの処理と同時に水素を生成する生物学的手法に期待が寄せられている。嫌気性水素発酵は、生物学的水素生成技術の一つであるが、現在、主として報告されている懸濁態微生物を用いた水素発酵方法では、反応槽内微生物を高濃度化し、高負荷条件化で運転することは難しく、水素生成の安定維持といった面においても課題がある。

そこで我々の研究室では、微生物付着担体を用いて水素発酵に関与する微生物の生物膜を形成させて、その高濃度化を図ることにより、安定で高効率な水素生成技術の確立を目的として研究を進めている。本報では、微生物付着担体として不織布を用いた場合の、嫌気性水素発酵特性について検討し、基礎的な知見を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 連続水素発酵

図-1 に連続培養装置の模式図を示す。容積 2L の反応槽に不織布を設置し、培地 1L と、植種源として選定した下水処理場の消化汚泥を 3g/L となる様に投入して連続実験を行った。炭素源にはグルコースを用い、濃度を 40g/L とした。培養条件は pH6.2 で一定制御、水理学的滞留時間(HRT):24h、温度:35℃とし、不織布を適宜攪拌(35rpm,100 rpm)した。生成ガスはサンプリングバッグに捕集した。

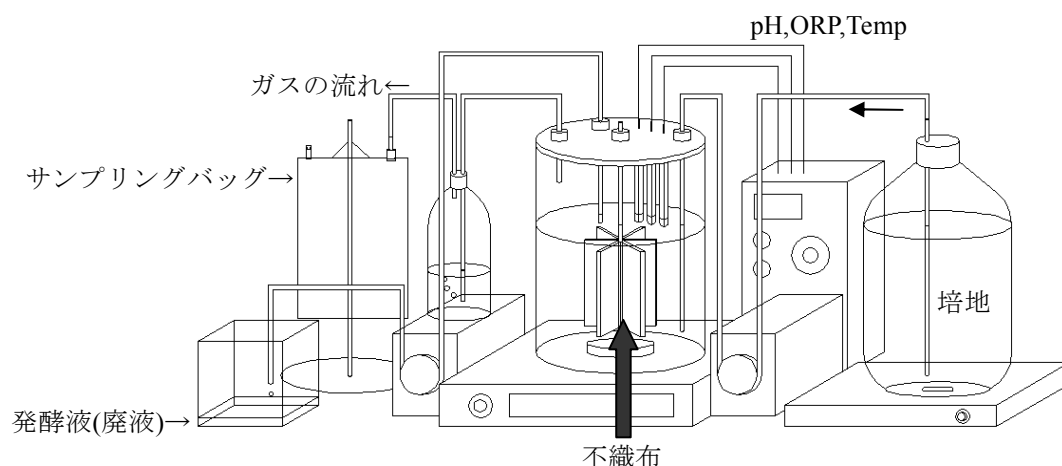


図-1 不織布を担体とする固定床型連続水素発酵実験装置の模式図

2.2 実験方法

発生ガス量はガスメーターで測定し、ガス成分(H_2 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2)の測定は TCD 付ガスクロマトグラフにて行った。また、発酵液を経時的に採取して、フェノール硫酸法によりグルコース濃度を測定、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 水素の生成

消費グルコース 1mol あたりの水素生成量 (mol)を水素生成率(mol-H₂/mol-glucose)とし、その経時変化を図-2 に示す。また、経過時間については植種源添加後、水素生成が認められた時点点を 0 時間とした。なお、実験期間を通してグルコース消費量は 95%以上であった。

1000 時間を経過した時点で、攪拌速度を 35rpm から 100rpm に変更した結果、水素生成率は増加した。これは、発酵液中の水素ガスの排出が攪拌強度の上昇によって促進されたためと考えられる。また、1100 時間経過後に、水素発酵細菌の優先化を目的として ORP を下げるべく L システインを 1g/L 添加した。その結果、ORP が-220mV から-340mV に下がり、一時的に水素生成の増加が確認されたが、その後、徐々に水素量、水素濃度ともに低下し、メタンガスが検出されるようになった。この現象は ORP

低下によるメタン細菌の増殖と活性上昇によるものと推定されたため、pH を 6.2 から 5.7 に下げて、その抑制を図った。これによりメタンガスの発生は抑えられ、水素生成も若干回復させることができた。しかし、今度は硫酸還元菌の優先化が原因と推定される硫化水素が発生して、生物膜、培養液ともに黒色となり、水素生成も急激に低下した。

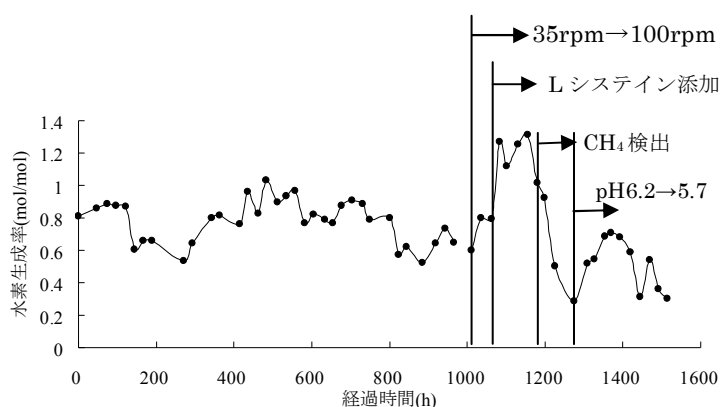


図-2 水素生成率の経時変化

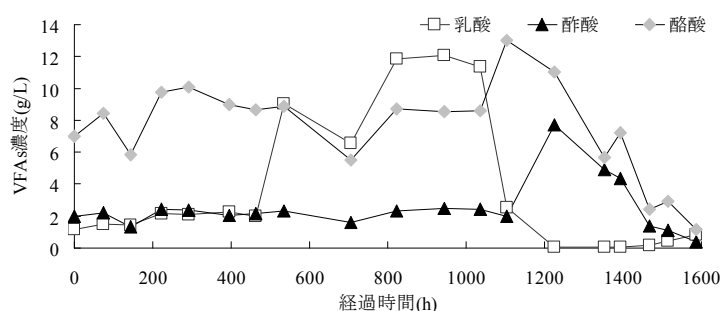


図-3 生成 VFAs 濃度の経時変化

3.2 生成 VFAs 濃度について

発酵副産物として生成される VFAs 濃度の経時変化を図-3 に示す。測定対象とした VFAs の内、乳酸と酢酸、酪酸が高濃度で検出された。

特に、500 時間経過後には乳酸が急激に増加し始め、それに伴って、水素生成の低下傾向がみられた。乳酸は、主に乳酸菌によって生成されるが、乳酸菌は水素生成細菌と基質競合を起こし、さらに、ナイアシンなど、他細菌の増殖阻害物質を分泌することから、水素生成細菌の活性を阻害した可能性が考えられる。しかし、L システインを添加後、ORP が下がったためか、硫酸還元菌が生じたためかは定かではないが、乳酸濃度は減少した。

実験開始後、酢酸・酪酸濃度は比較的安定していたが、L システインの添加後に一旦増加し、メタンが検出されてからは減少した。その後、pH を 5.7 にすることで、水素生成は回復し、それと同時に酢酸・酪酸濃度も若干の増加がみられた。

4. まとめ

1. 担体として不織布を用いた固定床型リアクターにて、高負荷条件化においても安定した水素生成が行えることがわかった。
2. 水素生成の増減に伴い、乳酸・酢酸・酪酸の濃度変化がみられた。
3. ORP を低く維持することで、乳酸菌の活動を抑えて乳酸の生成を抑制し、水素生成率をさせ得る事がわかったが、一方で、硫酸還元菌の活性を抑制する必要が示唆された。