

有機酸を利用する光合成水素生成細菌の集積と水素生成能に関する基礎的研究

熊本大学工学部	学生会員	長谷川 仁
熊本大学大学院	非会員	高橋 弘和
熊本大学工学部	非会員	藤本 綾
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

近年化石燃料の消費に伴い、二酸化炭素の増加による地球温暖化、発展途上国のエネルギー需要の増加、化石燃料の枯渇等の問題があり、新しいエネルギー源の開発および研究が必要となっている。その有力なエネルギー源の一つとして水素がある。水素は燃焼時に二酸化炭素を排出せず、高い燃焼熱量を持つことが知られている。

一方、微生物を利用した有機性廃水からの水素生成が、廃棄物の有効利用の一つとして注目されている。

本研究では、嫌気性水素発酵の廃液中の有機成分を基質として、水素を生成できる光合成細菌の集積・馴養と効率的な水素の回収を目指すことを目的とした。本報では嫌気性水素発酵の主要副産物である酢酸、乳酸、酪酸を炭素源にした光合成細菌による水素生成を検討し、結果を得たので報告する。

2. 実験方法

2.1 培地組成

本研究では、炭素源として酢酸 Na (2g/L)、乳酸 Na (3g/L)、酪酸 Na (3g/L) を混合したものを使用し、窒素源に L-グルタミン酸 (0.17g/L) を添加した。また、耐塩性を有する光合成水素生成細菌の集積のため NaCl (20g/L) を添加した。詳細は表-1 に示す。

2.2 回分実験

植種源として、有明海の干潟試料より採取した光合成細菌を馴養し、その前培養液を 1% 植菌した。

実験方法は、250ml 容の三角フラスコ内に、上記植種源と培地を 200ml になるように調整し、フラスコ内を pH7.0 に調整した後、気相部を Ar ガスで置換して嫌気状態にした。フラスコを恒温水槽内に設置し、温度を 30℃ に保った状態で試料の攪拌を行い、水槽側面からタングステンランプ (6000Lux) を照射して光合成細菌による水素生成反応を行った。

ガス生成量は、水上置換法によりガスを捕集し、シリンジの目盛で計測した。生成ガス中の水素濃度は、ガスクロマトグラフ (SHIMADZU GC-14B) を用い測定した。各種有機酸の濃度は高速液体クロマトグラフ (SHIMADZU) を用い測定した。

2.3 連続実験

1000mL 容のリアクターに、上記培地 600mL と植種源として前培養を行った光合成細菌 200mL を入れ全量 800mL とし、担体としてアクリル繊維担体を用いた。

担体に光合成細菌を付着固定化させるために上記回分実験と同じ条件で 2 週間馴養を行い、十分な菌の付

表-1 培地の組成

成分	濃度 (g/L)
CH ₃ COONa·3H ₂ O	2.0
CH ₃ CH(OH)COONa	3.0
CH ₃ (CH ₂) ₂ COONa	3.0
C ₅ H ₉ NO ₄	0.17
KH ₂ PO ₄	1.5
K ₂ HPO ₄	1.0
CaCl ₂	7.0 × 10 ⁻²
EDTA(disodium salt)	2.0 × 10 ⁻²
H ₃ BO ₃	3.0 × 10 ⁻³
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.95 × 10 ⁻³
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.24 × 10 ⁻³
Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	0.4 × 10 ⁻⁴
NiCl ₂ ·6H ₂ O	0.2 × 10 ⁻⁴
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.2
MnSO ₄ ·4H ₂ O	2.0 × 10 ⁻³
NaMoO ₄ ·2H ₂ O	1.0 × 10 ⁻³
FeSO ₄ ·7H ₂ O	2.0 × 10 ⁻²
biotin	0.1 × 10 ⁻⁴
thiamine-HCl	1.0 × 10 ⁻³
nicotinic acid	1.0 × 10 ⁻³
酵母エキス	2.0 × 10 ⁻²
NaCl	20

表-2 初期条件

pH	7.0
温度(℃)	30 ± 1
照度(Lux)	6000

着固定化と水素生成を確認した後、pH を 7.0 に再調節した。気相部を Ar ガスで置換して嫌気状態にし、連続実験を開始した。リアクターを恒温水槽内に設置し、温度を 30℃ に保った状態で試料の攪拌を行い、光源としてタングステンランプ (6000Lux) と太陽光採光システム (ラフォーレエンジニアリング(株) ひまわり、5000Lux) を用い、HRT48 時間で光合成水素生成反応を行った。

生成ガスはテトラバックにより捕集した。測定項目については上記回分実験と同様である。

3. 実験結果および考察

3.1 回分実験

図-1 に回分実験での水素ガス生成量と各種有機酸濃度の経時変化を示す。水素ガス生成は約 25 時間後から始まり、約 180 時間後に終了した。全水素ガス量は 118mL だった。有機酸濃度については、有機酸によって減少速度に差異が見られたものの、水素ガス生成に伴い有機酸濃度が減少し、水素ガス生成終了時にはすべての有機酸が消費されていた。

3.2 連続実験

図-2 に連続実験での水素ガス生成量と累積水素ガス生成量を示す。水素ガス生成量は、ばらつきが見られるものの、600 時間経過した後も継続して水素ガスの生成が見られた。日中は太陽光採光システム、夜間はタングステンランプに切り替え、水素ガス生成量を比較しているが、現在のところ明確な違いは見られていない。

図-3 に連続実験での有機酸濃度の経時変化を示す。培地成分中の各種有機酸濃度と、連続実験での各種有機酸濃度の平均値を比較すると、乳酸 (53%)、酢酸 (17%)、酪酸 (6%) が消費されていた。酪酸と酢酸の消費速度は一定しており、乳酸が最も消費速度が速かった。しかし、回分実験の結果からも明らかなように酪酸の消費速度は遅く、現条件下での連続実験においてはほとんど消費されていないことが明らかとなった。これらの結果から、有機酸の種類によって、それらの消費速度に差異があることが示された。

今後は HRT や有機酸濃度等の条件を検討し、リアクター内バイオマス量の集積と馴養を進め、水素生成量の増加と有機酸除去率の向上について検討する予定である。

4. まとめ

1. 回分実験では、水素ガスの生成は 25 時間後から始まり 180 時間後まで続いた。
2. 回分実験では、水素ガスの生成とともに三種類 (酢酸、乳酸、酪酸) の有機酸がすべて消費された。
3. 連続実験では、水素ガス生成量にばらつきはあるものの、安定した水素ガス生成が見られた。
4. 連続実験では、有機酸によって消費速度に差異が見られた。

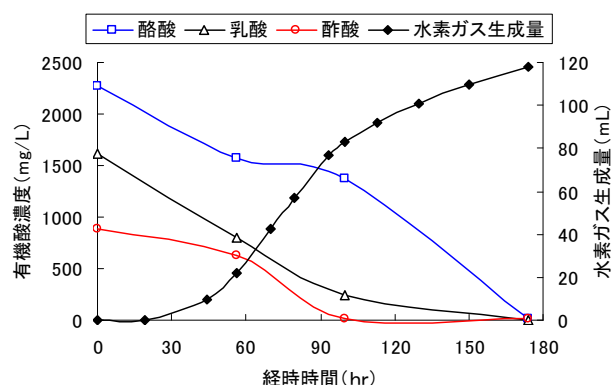


図-1 水素ガス量と有機酸の経時変化(回分実験)

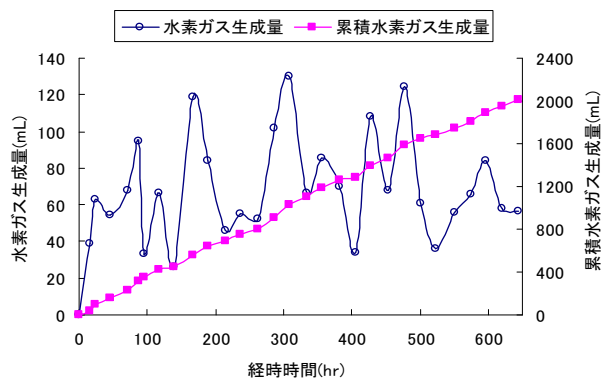


図-2 水素ガス量と累積水素ガス量の経時変化 (連続実験)

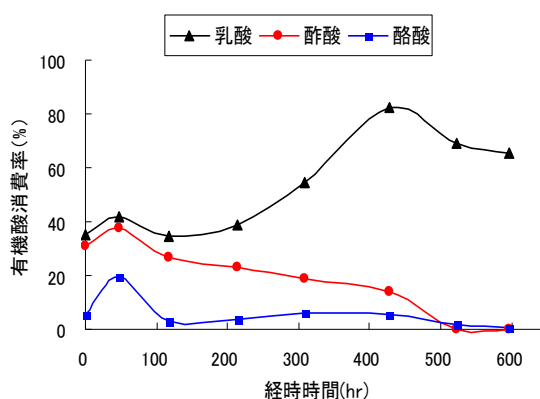


図-3 有機酸濃度の経時変化(連続実験)