

VII-50

Rhodospirillum rubrum RV 株による混合有機酸からの光水素生産に関する研究

○ 東北大学大学院工学研究科 学生会員 富田 洋平
 東北大学大学院工学研究科 正会員 高 仁範
 東北大学大学院工学研究科 フェロー 野池 達也

1. 緒言

近年、循環型社会の構築が急務となっており、有機性廃棄物からのバイオガス回収が注目されている。バイオガス回収方法にはメタン発酵と二相式水素生成が挙げられる。現在はメタン発酵が実用化されているが、水素は次世代エネルギーとして様々な方面で開発が進んでおり、二相式水素生成による有機性廃棄物からの水素回収による循環型社会の形成に大きな期待をされている。二相式水素生成とは有機性廃棄物を水素発酵型酸生成細菌により、水素とVFAに分解し、そのVFAからさらに紅色非硫黄細菌により水素を回収するというものである。これまで、紅色非硫黄細菌の水素生産の研究は純粋系が主流であり、今後は非純粋系の研究により雑菌の混入による影響の研究が必要不可欠である。雑菌の混入の中でも特に、藻類の水素生成阻害が報告されている¹⁾。この阻害は藻類が酸素発生型光合成を行い、発生した酸素により紅色非硫黄細菌の水素生成酵素や光合成色素が活性や合成を阻害されるために起こる。そこで、本研究では、青色光による波長制御により藻類の増殖を抑制²⁾した条件下で非純粋系連続実験を行い、様々な水素発酵廃液を想定した人工基質からの有機酸の利用特性を考察した。

2. 実験方法

種菌として旧通産省工業技術院生命工学工業技術研究所の三宅淳氏より分譲を受けた *Rb. sphaeroides* RV 株を用いた。水素発酵廃液を想定し、窒素源としてアンモニウム 10mM、炭素源は表 1 に示した人工基質により連続実験を行った。リアクターは 10.8L の容量のものを有効容量 10L として、完全混合型ケモスタット型反応槽を用いた。培養は温度 30℃、pH7.0、HRT5 日の条件とした。光源は 60W レフランプ×16 個を用い、リアクター表面から 5cm 離して両側から照射した。なお、反応槽表面に青色セロハンを貼り、照射光の波長を制御した。

ガス発生量は、水上置換法により測定し、標準状態(0.1atm)に換算した。生成ガス中の H_2 、 CO_2 の割合は、TCD ガスクロマトグラフで測定した。各種有機酸及びアンモニウムはキャピラリー電気泳動分析器で測定した。菌体(SS)濃度は、下水試験法に従い測定した。また、Muyzer の方法³⁾に従い、PCR-DGGE 法により微生物群集構造解析を行った。

表 1. 各炭素源の組成(mg/L)

	酢酸	プロピオン酸	酪酸
RUN1	1000	500	1000
RUN2	2500	800	1200
RUN3	2500	0	4000

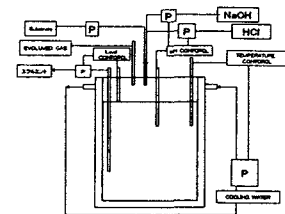


図 1. リアクターの概略図

3. 実験結果

図 2 に RUN1 における水素生成速度、菌体濃度の挙動を示した。RUN1 では水素生成速度は 2 日目に最大水素生成速度 519.9mLH₂/L/day をとり、その後低下し、6 日目に安定し、18 日目まで平均水素生成速度 312.0mLH₂/L/day(水素収率 30.6%)を記録した。その後、急激に水素生成速度は低下し、19 日目から実験終了時(25 日目)まで 171.1mLH₂/L/day(水素収率 16.8%)となった。ここで、今後 6-18 日目までを period1、19-25 日目までを period2 と定義する。このときの菌体濃度は period1 においては 668.0mg/L であったが、水素生成速度の低下

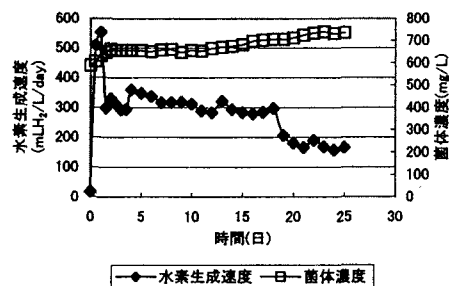


図 2. RUN1 における水素生成速度および菌体濃度の挙動

と共に菌体濃度は増加し、period2 では 732.9mg/L で安定した。このことから、水素生成速度低下の要因として、同化代謝に使われる基質が増加し、水素生成(異化代謝)に利用できる炭素源が低下したことが考えられる。また、図 3 に RUN1 における水素生成速度と残存基質濃度の挙動を示した。水素生成速度に関わらず、酢酸濃度は 500-600mg/L 残存し、プロピオン酸は完全に消費された。しかし、酪酸が水素生成の低下とともに消費しきれなくなり、50mg/L 残存した。図 4 に RUN1 におけるバンドパターンを示した。16 日目には実験初期とバンドパターンが大きく異なり、菌相が遷移したことがわかる(図中上方の数字は実験経過日数を示している)。なお、バンド 1 が *Rb. sphaeroides* であり、2 が *Flavobacteriaceae* 属のバンドとなった。顕微鏡観察にて藻類がないことを確認した。*Flavobacteriaceae* 属とは緑色硫黄細菌であり、紅色非硫黄細菌における水素生成に対し、光の競合や基質の競合により水素生成を低下させること、硫酸塩還元細菌による増殖阻害を抑制することが知られている。

図 5 に RUN1-3 における最終的に安定した時間における COD 収支を整理した。酢酸の割合の高い RUN2 において水素への転換率が高いことがわかる。RUN3 における菌体への COD の転換率は 53.0% であり、他の 2 系列が 67-70% であったのに比べて低かった。RUN3 において特に酪酸が高濃度残存し、COD 除去率は 67.0% であった。

4. 結論

非純粋系連続実験において水素生成の低下が観察された。その要因としては、菌体同化量の増加、VFA 消費の低下、菌相の遷移が挙げられる。

酢酸濃度が高い RUN2 において水素への転換率が高くなった。酪酸濃度が高い RUN3 において菌体への COD の変換率が最も低く、COD 除去率も 67.0% と低かった。

参考文献

- 1) Segars L, Verstraete W: Selective inhibitors for continuous non-axenic hydrogen production by *Rhodobacter capsulatus*, J. Applied Bacteriology, 61, 547-557, 1986
- 2) In-Beom Ko, Tatsuya Noike: Use of blue optical filters for suppression of growth of algae in hydrogen producing non-axenic cultures of *Rhodobacter sphaeroides* RV, Int J. of Hydrogen Energy, 27, 1297-1302, 2002
- 3) Muyzer G., Waal E.C., Uitterlinden A.G.: Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain-reaction amplified genes coding for 16S rRNA, Appl. Environ. Microbiol., 59, 695-700, 1993

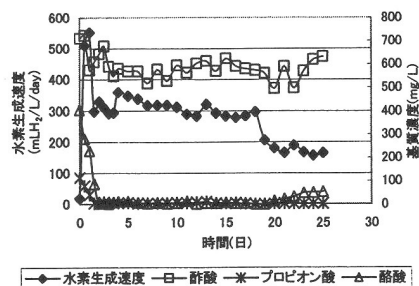


図 3. RUN1 における水素生成速度と残存基質濃度の挙動

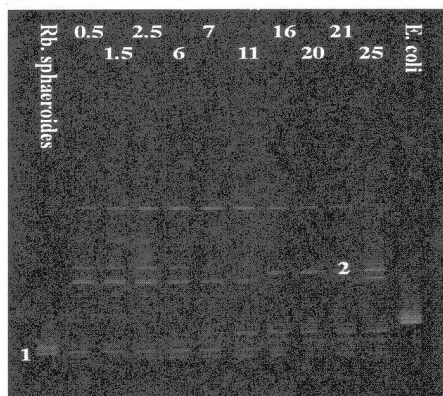


図 4. RUN1 におけるバンドパターン

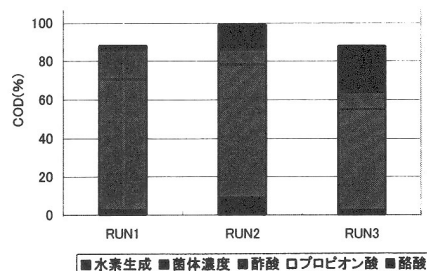


図 5. 各有機酸組成における COD 収支