

メタン発酵への導入を目的とした水素発酵の特性

指導責任教員 北村 豊

小口 勇太 (200310843)

1. はじめに

メタン発酵法は、種々のバイオマスから、嫌気性菌群によりバイオガスを生成させるプロセスであり、加水分解、酸生成 (以下、酸発酵)、メタン生成の三つの過程からなる。ここで着目した水素発酵とは、低分子有機物が水素生成菌群によって水素、酢酸、エタノール、水等に分解される反応である。水素発酵菌群の増殖活性は非常に旺盛であることから、そのメタン発酵への導入は、処理時間やアンモニアによる発酵阻害の制御を可能にすると考えられる。本研究は、水素発酵のメタン発酵への導入の適用性を、酸発酵との特性の比較から明らかにしようとした。

2. 材料および方法

1) 汚泥の馴養

水素生成菌および酸生成菌をそれぞれ優占とする汚泥を、中温嫌気性下水消化汚泥を種汚泥として、合成培地を用いた長期の馴養を行い得た。

2) 回分実験による発酵特性の解析

得られた水素発酵および酸発酵の発酵特性を検証するため、水素発酵および酸発酵の馴養汚泥を 1 L 三角フラスコに 0.2 L 入れ、ペプトン濃度を 10, 20, 30, 40 g/L の 4 段階に変化させた合成廃水 (グルコース濃度一定) 0.8 L を添加し、Run. 1~4 の回分培養 (72 時間) を行った。これらの C/N 比は 7.0~4.4 であり、メタン発酵の適正 C/N 比 (10~20) を下回るように設定した。それらを 37 °C に設定したインキュベーター内に格納し、マグネティックスターラーで常時攪拌した。発酵液は 1 回 15 mL のサンプリングを 1~24 時間間隔で行い、pH (ガラス電極法)、NH₄⁺ (同)、有機酸 (高速液体クロマトグラフ)、COD_{cr} (比色法)、菌体濃度 (濁度法) をそれぞれ測定した。発生ガスはガスバックに採集し、ガス量 (ガラス製シリンジ)、ガス組成 (ガスクロマトグラフ) を測定した。

3. 結果

1) 低 C/N 比原料に対する回分発酵特性

Run. 1~3 においては酸発酵、水素発酵ともにアンモニアの発生は微量であった。表 1 に示すとおり C/N 比の最も低い Run. 4 の水素発酵におけるアンモニア発生量は、酸発酵に比較し約 41% 抑えられた。また総水素発生量は Run. 1~4 の全てで水素発酵が酸発酵を上回った。特に Run. 4 の水素発酵における総水素発生量は最も多く、表 1 に示すように酸発酵に比較して約 6.2 倍の水素が得られた。また、総有機酸 (VA) は、Run. 1~4 で水素発酵が酸発酵の 1.5 倍を示した。水素発酵の有機酸組成は後段のメタン発酵で基質となる酢酸と酪酸により占められていたのに対して、酸発酵では難分解のプロピオン酸が発生した。

表 1 Run. 4 における各発酵パラメータの比較

	水素発酵	酸発酵
H ₂ (mL/L-culture)	1472	236
NH ₄ ⁺ (mg/L)	967	1619
VA (mg/L)	6771	4152

2) 菌体増殖特性

実験から得られた比増殖速度 μ (h⁻¹) と基質濃度 S (g/L) の関係から微生物増殖を表す以下の Monod モデルを用いて、酸発酵および水素発酵の速度定数である最大比増殖速度 μ_{\max} (h⁻¹) と基質飽和定数 K_s (g/L) を求めた。

$$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_s + S}$$

図 1 に本実験から得られたデータの Lineweaver-Burk プロット (Monod モデルの線形式) および速度定数を示す。

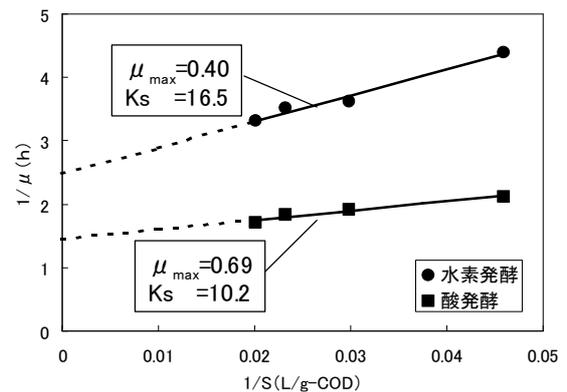


図 1 Lineweaver-Burk プロット

図中の値に示すように、酸発酵の方が μ_{\max} は大きく K_s も小さいことから、水素発酵に較べてその増殖活性が高いことが示された。

4. まとめと考察

低 C/N 比原料を用いた水素発酵は酸発酵に比較して、アンモニアの発生を抑制し、より高濃度の水素、有機酸を得られることが分かった。このことから、水素発酵はメタン発酵への導入に適した特性を有することが示唆された。しかし菌体増殖活性については、酸発酵が水素発酵を上回る結果を得た。この原因は、回分実験の操作が、通性嫌気性の酸発酵と比べて、絶対嫌気性の水素発酵の誘導期間に、より大きな影響を与えたためと考えた。従って、水素発酵のメタン発酵への適用性は、アンモニアの発生抑制の検証も含めて、連続培養実験による定常状態での解析が必要である。