

複合基質からの嫌気性水素発酵に関する滞留時間の影響

日本大学大学院 学生員 ○佐藤 靖敏
 日本大学大学院 学生員 吉田 光範
 日本大学工学部 正 員 中村 玄正

1.はじめに

現在、水素はクリーンエネルギーとして有望である。水素回収方法の一部に嫌気性細菌の働きを利用した嫌気性水素発酵が存在する。この水素を有効利用するためには、電気化学反応によって直接電気エネルギーに変換することが可能な燃料電池が挙げられる。水素生成には汚泥等有機物から、より一層の基礎研究が必要であると考えられる。水素生成に関して吉田らによると複合基質からの嫌気性水素発酵に関する pH の影響を検討した結果、水素発酵の最適 pH は 5.0 付近であると報告している¹⁾。

本研究は、複合基質を用いて最適 pH から水素発酵において酸生成相の役割を考慮した水理学的滞留時間（以下 HRT）を求めることを目的とし連続実験を行った。また、水素発酵に関わる因子や発酵特性および CODcr/MLVSS 負荷や水素生成量についても検討した。

2.実験装置および実験方法

実験装置の概略図を図.1 に示す。総容量 2.1L、有効容量 1.45L のアクリル製円筒型反応器を用いて連続実験を行った。反応槽内で発生したガスによって攪拌した。複合基質はポンプを用いて連続的に注入し、発酵を防ぐため基質貯留槽を 3.5℃ に保った。なお反応槽は $35 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定し、発生したガスは酸性飽和食塩水により水上置換法で収集した。

表.1 に実験に用いた複合基質の組成を示す。反応槽内の pH は、2N NaOH 溶液を用いて最適 pH5.0 付近にコントロールして HRT を 6 ～ 24 時間の 6 段階に設定した。各段階において pH、ガス生成速度、ガス組成、揮発性脂肪酸等に関して測定を行い、定常状態に達したうえで実験を開始した。

3.実験結果および考察

実験期間中の pH は 5.07 ～ 5.21 であり大きな変動は見られなかった。図.2 に全ガスおよび H_2 ガスの生成速度を示す。生成したガスの組成は、HRT6-24 時間において H_2 が 39.6 ～ 46.8% で推移しており、残りは CO_2 であった。 H_2 ガス生成速度は最大 5,458mL/L・day であり HRT6 時間が最も高かった。しかし HRT 変化による定量的な比較を行うため、複合基質の水素発酵における物質の流れを検討する必要がある。そこで流入基質を CODcr100% として流出未分解基質、代謝産物で回収し CODcr 物質収支を算定した。表.2 に各 HRT における CODcr 物質収支を示す。回収率は 93.3 ～ 98.7% で良好な結果が得られたが、HRT が短くなるほど Unknown(不明物質)が増加した。CODcr 除去率は水素生成と菌体への同化によって左右され HRT が短いほど増加し 6 時間で最大 33.1% であった。しかし、効率的な水素生成と CODcr 除去を考慮すると酸生成相による代謝産物

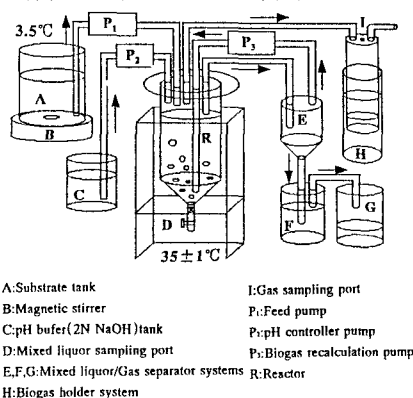


図.1 実験装置概略図

表.1 複合基質組成

Carbon and Nitrogen source(mg/L)		
Sucrose		10,380
Gelatin		2,930
NH_4HCO_3		2,350
Nutrient Composition(mg/L)		
Na_2HPO_4	48	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1.1
KH_2PO_4	182	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 28
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	112	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.2
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	18	H_3BO_3 0.2
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.6	YEAST EXTRACT 50

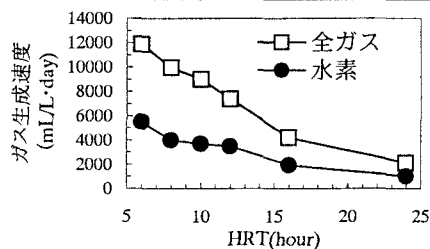


図.2 全ガスおよび水素ガス生成速度

表.2 各HRTにおけるCODcr物質収支

HRT (hour)	Influent CODcr(%)	Effluent CODcr(%)								Recovery (%)
		Sucrose	Protein	Acetic	Butyric	Ethanol	Unknown	MLVSS	H ₂	
6	100	1.0	7.9	17.0	32.6	1.9	5.5	25.0	7.3	98.2
8	100	0.7	8.1	19.8	35.9	3.2	4.6	19.6	6.8	98.7
10	100	0.6	9.6	12.5	39	8.5	2.1	12.9	8.1	93.3
12	100	0.6	10.5	21.7	33.9	3.4	2.9	9.7	9.3	92.0
16	100	0.5	10.1	26.7	38.6	2.5	0.6	9.5	7.2	95.7
24	100	0.4	9.4	26.0	40.9	3.2	0.7	8.6	5.0	94.2

生成(VFA・Ethanol)の促進をはかり MLVSS による CODcr 除去を抑える必要がある。特に、代謝産物の 85.8～96.3%を占める酢酸および酪酸は重要である。水素生成において流入 CODcr が水素ガスに 9.3%、MLVSS へ 9.7%転換され HRT12 時間が最適と考えられる。また比基質利用速度と比水素生成速度および比酸生成速度には相関が見られることから図.3 に複合基質における比酢酸・酪酸生成速度と比水素生成速度の関係を示す。比酢酸・酪酸生成速度に対する比水素生成速度は高い相関が見られ、傾きより 0.2805mL-H₂/mg Acetic acidCOD、0.5506mL-H₂/mg Butyric acidCOD であった。図.4 に CODcr/MLVSS 負荷に対する比水素生成速度を示す。CODcr/MLVSS 負荷に対する比水素生成速度は直線的な相関関係(R²=0.988)が見られた。CODcr/MLVSS 負荷を高くするにつれて比水素生成速度が速くなることが分かる。菌体濃度を制御できるシステムなら比水素生成速度を高くすることが可能であると考えられる。表.3 に他の研究による水素生成量の比較を示す。本研究において Sucrose と Protein を混合した複合基質を用いた場合の水素生成量は 0.21m³・kgCODcr⁻¹ であり、Sucrose を単一基質として用いた場合と比較すると高かった。

4.まとめ

- (1)水素生成において流入 CODcr が水素ガスに 9.3%、MLVSS へ 9.7%転換され HRT12 時間が最適である。また比酪酸生成速度に対する比水素生成速度は高い相関が見られ、傾きが 0.2805mL-H₂/mg Acetic acidCOD、0.5506mL-H₂/mg Butyric acidCOD であった。
- (2)CODcr/MLVSS 負荷に対する比水素生成速度は直線的な相関関係(R²=0.988)が見られ、菌体濃度を制御できるシステムなら比水素生成速度を高くすることが可能であると考えられる。
- (3)Sucrose と Protein を混合した複合基質を用いた場合の水素生成量は 0.21m³・kgCOD⁻¹ であり Sucrose を単一基質として用いた場合と比較すると高かった。
- (4)効率的な水素生成と CODcr 除去を考慮すると酸生成相による代謝産物生成の促進をはかり菌体による CODcr 除去を抑える必要がある。

参考文献

- 1)吉田ら：複合基質からの嫌気性水素発酵に関する pH の影響,第 41 回日本大学工学部学術研究報告会講演要旨集,pp114～117,1998
- 2)沈ら：嫌気性水素発酵法による有機性排水の処理特性,環境工学研究論文集,Vol.32,pp213～219,1995

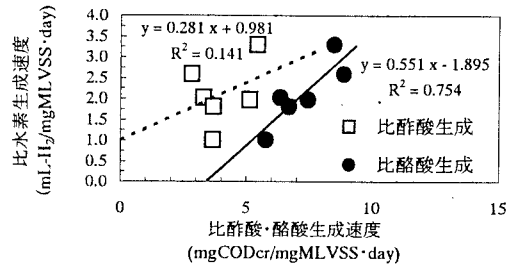


図.3 比酢酸・酪酸生成速度と比水素生成速度

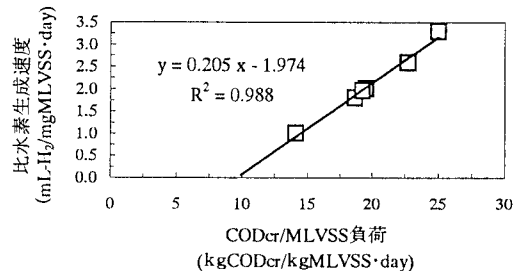


図.4 CODcr/MLVSS負荷に対する比水素生成速度
表.3 他研究の水素生成量について比較²⁾

Substrate	m ³ /kgCODcr ⁻¹	Microorganism(s)
Sucrose	0.38	<i>C. beijerinckii</i> AM21B
	0.11	<i>E. aerogens</i> strain HO-39
	0.19	<i>Anaerobic microflora</i>
複合基質 Suc+Pro	0.21	本研究

Suc:Sucrose Pro:Protein