

VII-49

嫌気性酸生成相における複合基質からの水素生成に関する基質濃度の影響

日本大学大学院 学生員 ○吉田光範
 日本大学工学部 大本主計
 日本大学工学部 正員 中村玄正

1. はじめに

近年、化石資源の加速度的な消費に伴い、地球規模の環境問題を引き起こし自然体系のバランスを崩しつつある。特に二酸化炭素等の温室効果ガスによる地球温暖化への影響が懸念されており、化石資源の代替として環境問題を考慮したクリーンエネルギーの開発が早急に望まれている。¹⁾

水素は新エネルギーとしての利用価値が高く、その生成法は多岐にわたって研究・開発が行われている。その中でも嫌気性細菌を利用した水素生成は、排水処理と同時に水素も回収できる利点から、今後注目される技術である。それゆえ、各種有機性排水等へ適用する上で排水の性質を視野に入れた基礎研究が必要であると思われる。本研究では、炭水化物とタンパク質の複合基質を用いて半連続実験により水素生成の可能性を基質濃度の点から検討し、さらに環境因子の変化に伴う基質分解特性および水素生成特性の把握を目的とした。

2. 実験装置および条件

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。液相部 2.0 l、気相部 0.35 l の硬質ガラス製円筒型反応器である。種汚泥は、排水の性質に特徴がある食品工場の汚泥を約 1 ヶ月間馴養したものを使用し fill and draw 方式により 1 日 1 回、汚泥引き抜きと基質投入を行った。基質組成を Table.1 に示す。炭水化物として二糖類であるショ糖を、タンパク質として溶解性のゼラチンを用いて基質パターンを 3 段階に設定し、その他無機栄養塩類を添加した。反応器内で発生したバイオガスを吸排両用エアポンプ (6.5l/min) により循環させるガス攪拌方式である。恒温槽にヒーターを設置し温度調節器によって $35^{\circ}\text{C} \pm 1$ に設定した。尚、生成したバイオガスは飽和食塩水による水上置換法でシリンダーにて収集した。実験条件を Table.2 に示す。基質パターンを変化させた 3 基の Reactor No. を R1, R2, R3 と称した。pH コントロールによる経日的水素生成割合の変化を観察するために Phase I, Phase II, Phase III と 3 段階に設定し、各 20 日間を目途に NaHCO_3 にて pH をコントロールした。また、各 Phase の終了時に 24 時間回分実験を行い、基質分解特性および水素生成特性を経時的視点から観察した。

3. 実験結果および考察

Fig.2 に pH コントロールによる水素生成割合の経日変化を示す。Phase I では、経日的な変化に伴い、R1, R2 では増加傾向にあるが、R2 に至っては 13 日目から急激な低下が起きた。また、R3 では、殆ど水素生成は認められなかった。

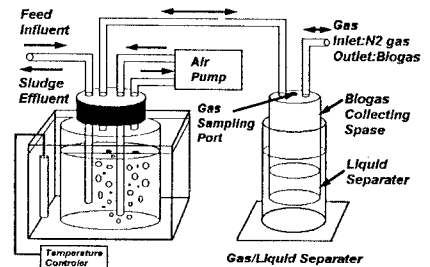


Fig.1 Experimental apparatus

Table1. Compositions of Complex substrate (mg/l)			
	Pattern.1	Pattern.2	Pattern.3
Sucrose	5570	11130	16700
Gelatin	1040	2080	3120
NH_4HCO_3	1170	2330	3450
Na_2HPO_4	48	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.05
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	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.175
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	18.2	H_3BO_3	0.238
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.6	YEAST EXTRACT	50

Table2. Experimental conditions			
Reactor No.	R1	R2	R3
• Experimental series			
Phase I	pH control	(NaHCO ₃ , 1400 mg/l)	
Phase II	pH control	(NaHCO ₃ , 2800 mg/l)	
Phase III	pH non-control		
• Complex substrate volume VS Sludge volume			3:7
• HRT(day)			3.3
• Complex substrate Pattern			
	Pattern.1	Pattern.2	Pattern.3
• Complex substrate loading (mgCOD/day)			
	4364	8722	13085

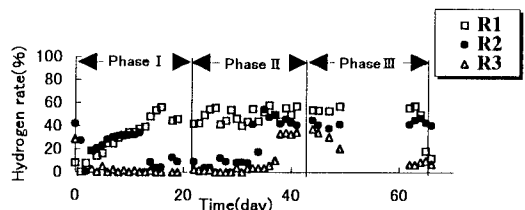


Fig.2 Daily hydrogen gas production

Phase IIでは R2,R3 において 32 日、36 日目から増加し、この過程で R1,R2,R3 とも 57.6,54.4,34.5 %と水素生成割合の最大値を示した。Phase IIIでは R1,R2,R3 とも増加は見られず、R1 は 63 日目に、また R3 は Phase IIIに移行してすぐに低下が起きた。また、Phase I,II,IIIを通じてメタンは検出されず、残りは二酸化炭素であった。

Fig.3 に各 Phase の終了時に行った 24 時間回分実験における基質分解特性および水素生成特性を示す。3 基の Reactor とも 3 回目の回分実験では、ショ糖の分解速度が遅く pH コントロールの影響が現れていた。また、タンパク質に至っては 3 基とも 1 回目から 3 回目までの回分実験において同様な傾向を示しており、見かけ上殆ど分解されなかった。

水素生成特性に関しては 2 回目に行った 24 時間回分実験での累積水素生成量が最も多く、R1,R2,R3 では 209,389,157ml/2l・dayであった。また、水素生成は R1 で 2 時間後、R2 で 4 時間後、R3 では 12 時間後に停止しており、ショ糖がほぼ完全に分解された時間と一致している。

Table.3 に 2 回目の回分実験における pH、代謝産物および累積水素生成量の比較を示す。R1,R2,R3 とも pH は実験開始時に 6 以上であったが 24 時間後には 5.30,4.73,4.61 と基質濃度が高い程、pH の低下は顕著であった。代謝産物では、酢酸と酪酸が主な生成物であった。kgCOD 当りの累積水素生成量では R2 が最も高く 0.050、R1 で 0.049、R3 では 0.014m³/kgCODであった。

4. まとめ

本研究では、嫌気性酸生成相における複合基質からの水素生成に関する基質濃度の影響を検討した結果、以下のような結論が得られた。

- (1) NaHCO₃ を用いて pH をコントロールした結果、R1,R2,R3 において Phase IIで最大水素生成割合が 57.6,54.4,34.5 %という値であった。
- (2) kgCOD 当りの累積水素生成量は、R1 で 0.049、R2 で 0.050、R3 で 0.014m³/kgCODであり、量的な比較では R2 が最も高く、基質パターン 2 の複合基質濃度が水素生成に適していた。

参考文献

- 1) 犬飼英吉：エネルギーと地球環境，丸善株式会社，1997

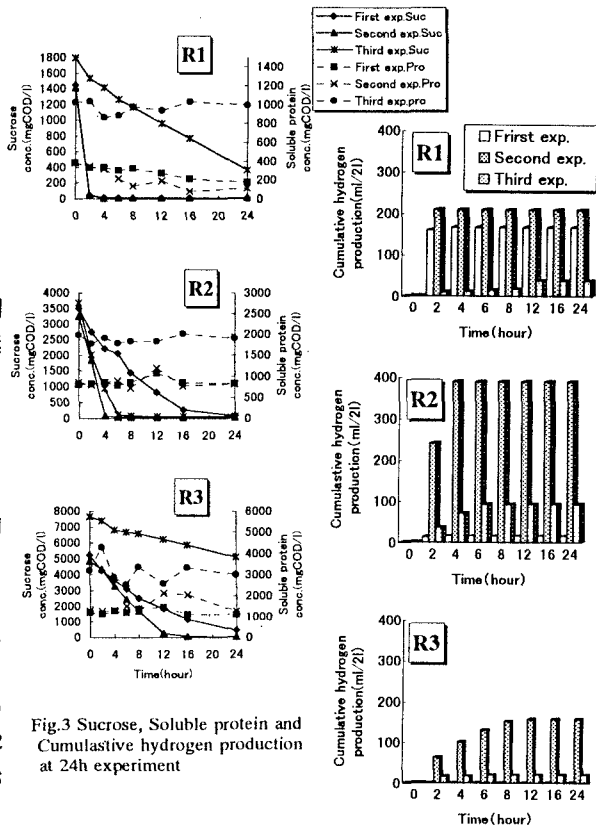


Fig.3 Sucrose, Soluble protein and Cumulative hydrogen production at 24h experiment

Table.3 VFA and Ethanol products produced from complex substrate at Second 24hour experimental result

Reactor No.	R1		R2		R3	
	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
pH	6.56	5.30	6.58	4.73	6.38	4.61
Sucrose(mgCOD/l)	1582	16	3631	39	5432	37
Soluble protein(mgCOD/l)	444	130	986	951	1497	1457
VFAs(mgCOD/l)						
Acetate	259	556	708	1087	1835	1654
Propionate	30	57	58	166	362	219
Butyrate	406	507	566	1010	2157	1951
Valerate	23	42	33	77	106	116
Ethanol	13	50	211	829	43	380
Hydrogen rate(%)	47.3		43.0		26.1	
Hydrogen production (m ³ /kgCOD·day)	0.049		0.050		0.014	