

UASB 型反応槽によるでんぷんの高温水素発酵特性に及ぼす HRT の影響

東北大学工学部 学生会員 本郷 達郎
 東北大学大学院工学研究科 学生会員 堆 洋平
 東北大学大学院工学研究科 正会員 李 玉友, 原田 秀樹

1. はじめに

近年、エネルギー資源の枯渇が深刻になり、化石燃料に替わる新エネルギーの開発が急務となっている。水素は将来の重要なエネルギーキャリアとして考えられており、燃焼しても水しか発生せず、化石燃料のように二酸化炭素が排出されない為、地球環境の保全の観点からも理想的なエネルギーであると言える。しかし、現在実用化されている水素の製造方法は、化石燃料由来のものであり、持続的なものではない。水素発酵法は、カーボンニュートラルで再生可能なバイオマスを原料とする、生物学的な水素の生産方法で、今後到来する水素エネルギー社会における重要な持続的水素生産方法として期待されている。

従来までの水素発酵の研究から、発酵槽の温度条件が極めて重要であり、高温条件においてより安定的な水素生成が可能であることが分かっている。¹⁾ また、水素発酵のプロセスも重要だと考えられる。既往研究のほとんどが完全混合型反応槽によるものであるが、このプロセスでは負荷を増大させた時に、基質の分解率の低下や菌体のウォッシュアウトが生じることが懸念される。

そこで本研究では、UASB（上向流嫌気性汚泥ブランケット）型反応槽を用いることで水素生成細菌をグラニュール状に高濃度に保持し、高負荷に対応したプロセスを開発する為に、発酵特性に及ぼす HRT（水理学的滞留時間）の影響について検討した。

2. 実験方法

2.1 培地組成

実験に使用した培地の組成を表 1 に示した。でんぷんを唯一の炭素源として使用した。

2.2 植種源とグラニュール汚泥

植種源には、表 1 の培地を用いて、HRT 24 時間、55 °C の条件下で、完全混合型反応槽により馴養した高温水素生成細菌群を使用した。また、100 °C で 2 時間熱処理した中温グラニュール汚泥を、高温水素発酵グラニュールの核源として使用した。

2.3 反応槽の運転

本実験に使用した装置の概略図を図 1 に示した。実験に使用した反応槽は、有効容積 6 L のアクリル製 UASB 型反応槽である。

上述の高温水素生成細菌群及び熱処理したグラニュール汚泥を、それぞれ投入し、表 1 に示した培地を用いて回分培養を行い、バイ

表 1 実験に使用した培地の組成

components	concentration [g/L]
starch	15
K ₂ HPO ₄	0.21
NH ₄ Cl	4.0
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.12
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.125
mineral solution*	1.0 ml
NaHCO ₃	4.0
Na ₂ CO ₃	1.0

*mineral composition [g/l]:

CaCl₂, 2.5; MnSO₄·4H₂O, 2.5; CoCl₂·6H₂O, 2.5; ZnSO₄·7H₂O, 0.5; NiCl₂·7H₂O, 0.5; NaMoO₄·2H₂O, 0.5; H₃BO₃, 0.5

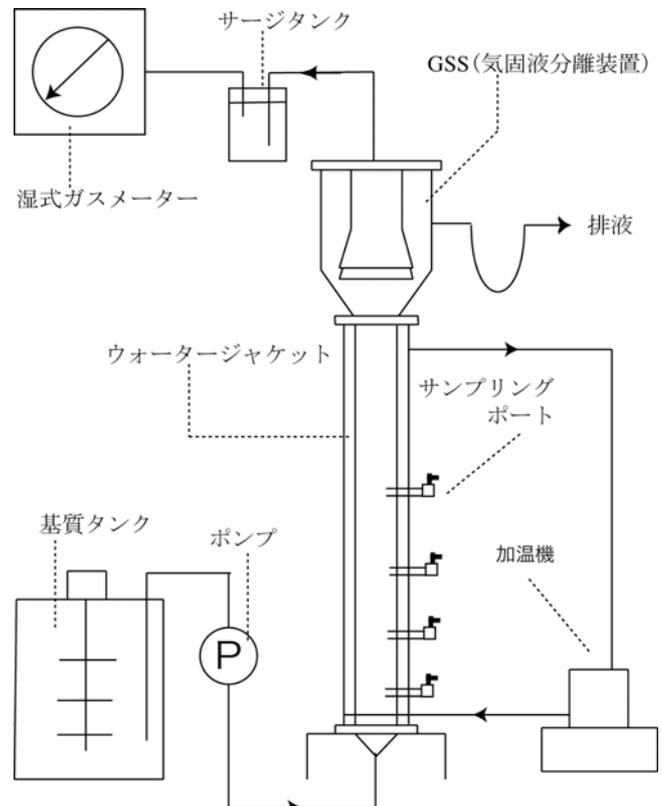


図 1 実験装置の概略図

オガスの生成量が指数関数的に増大したことを確認した。その後、基質を連続的に供給し、HRT を 48 時間から 24 時間、12 時間、6 時間、3 時間と段階的に短縮した。温度は、反応槽外部に備え付けられたウォータージャケットにより 55 ℃ に制御した。

2.4 分析方法

生成したガスの組成は TCD ガスクロマトグラフ (SHIMADZU GC-8A) により測定した。炭水化物は、グルコースを標準物質としてフェノール硫酸法で測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 pH 及びガス組成

各HRTにおいて、ガス生成が安定した期間の反応槽からの排液の pH は、4.7~5.2 で安定した。実験期間中に生成したバイオガスの経日変化 (上:生成速度, 下:組成) を図 2 に示した。実験期間中のバイオガスの組成は、HRT 48 時間から 6 時間の間では、水素は 34~44%、二酸化炭素は 54~66%であったが、HRT 3 時間では、水素は 16~37%、二酸化炭素は 62~82%と H₂濃度の顕著な減少が見られた。全実験期間を通してメタンの生成は見られなかった。

HRT 48 時間、24 時間、12 時間及び 6 時間における水素生成速度は、それぞれ 1.2~1.6 L/L/d、1.5~2.6 L/L/d、2.5~4.2 L/L/d 及び 3.5~5.9 L/L/d と段階的に増大したが、HRT 3 時間では 2.1~5.3 L/L/d と、大きく減少した。また、水素収率は HRT の短縮と共に 1.2~1.8 mol H₂/mol glucose、0.9~1.5 mol H₂/mol glucose、0.7~1.2 mol H₂/mol glucose、0.4~0.6 mol H₂/mol glucose、0.1~0.3 mol H₂/mol glucose と低下した。

3.2 でんぷんの分解率

でんぷんの分解率の経日変化を図 3 に示した。HRT 48 時間から 12 時間において、でんぷんの分解率が 94%以上得られた。これは完全混合型反応槽による馴養時における分解率 (90%) を上回る値であった。しかし HRT 6 時間に短縮すると分解率は 82%まで低下した。

3.3 高温水素生成グラニュール

図 4 に高温水素生成細菌グラニュールの SEM 写真を示した。著者らの知る限り、これまで高温水素生成グラニュールの形成についての報告は見られない。現在の所、白色をした良好な高温水素生成細菌グラニュールが維持されている。

4. まとめ

UASB 型反応槽によるでんぷんの高温水素発酵における HRT への影響を検討した結果、以下の知見が得られた。

- ・ HRT 48 時間から 6 時間まで、水素生成速度は段階的に増加したが、HRT 3 時間に短縮すると低下した。
- ・ 基質の分解率は HRT 48 時間から 12 時間までは 94%以上を得たが、HRT 6 時間以下では、82%まで低下した。

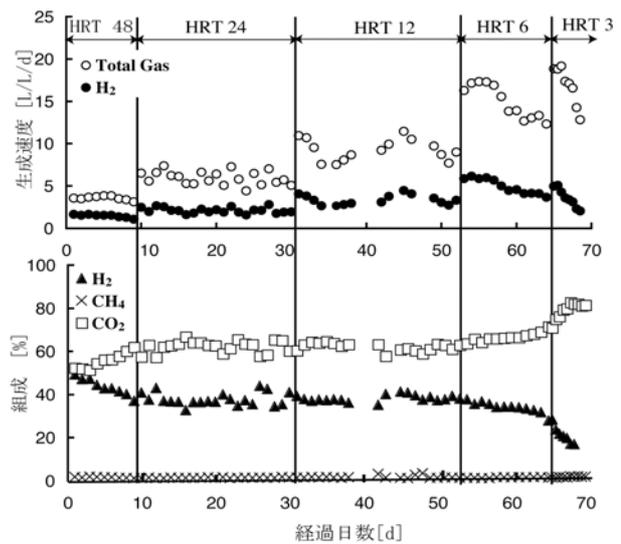


図 2 ガス生成速度 (上) とガス組成 (下) の経日変化

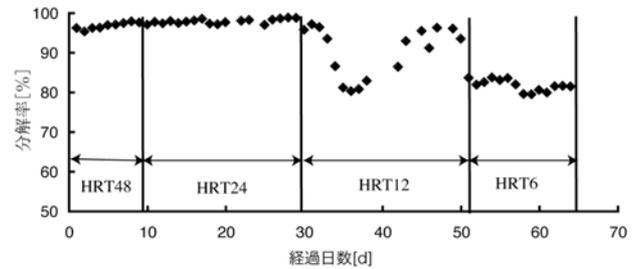


図 3 でんぷんの分解率の経日変化

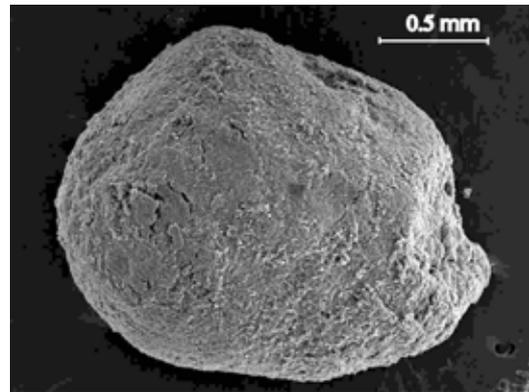


図 4 でんぷんを基質とした高温水素生成グラニュールの SEM 写真

- ・ 良好な高温水素生成グラニュールの形成が可能であった。

参考文献

- 1) 堆, 李, 水環境学会誌, 29 (10) 627-633.