

模擬生ゴミからのエタノール生成に関する研究

日大生産工（院） ○大森 将希 日大生産工 大木 宜章
環境文明 21 木科 大介 日大生産工（非常勤） 関根 宏

1. 序文

長年にわたる化石燃料の大量使用により、CO₂ の排出による地球温暖化や化石燃料の枯渇化が問題となっている。また、生活レベルの向上に伴う廃棄物の増加や、廃棄物を処理する際に莫大なエネルギーを要することなど、環境問題が深刻化している。この様なことから、環境低負荷型社会及び資源循環型社会を目指すため、廃棄物利用によるバイオエネルギー化が期待されている。

バイオエタノールは、サトウキビやトウモロコシ等といった食糧を原料として生産されている。そこで、食糧と競合しない廃棄物を原料としたバイオエタノール生産の可能性が注目されている¹⁾。特に、バイオエタノールは米国とブラジルでは既に大量生産及び消費されているほか、中国、インド、タイなどでも急速に使用量が増加している²⁾。

我が国でも「揮発油等の品質の確保等に関する法律」が2003年5月に改正され、ガソリンへのエタノール混合率上限を3%に規定され、E3（エタノール3vol%）の利用ができるようになった。また、2007年4月にはイソブテンとエタノールを混合したオクタン価向上剤であるエチルターシャリーブチルエーテル（ETBE）をバイオガソリンとして関東圏で販売が開始されている³⁾。

しかし、エタノール発酵にはセルロースを糖化する前処理をしなければならない。

そこで本研究では、一般家庭から廃棄される生ゴミを想定した模擬生ゴミを試料とし、効率的なエタノール発酵の確立のための検討を行った。ここでは、特に各培地組成で培養した酵母を模擬生ゴミに導入し、糖化工程なしでのエタノール生成の検討を行なった。なお、発酵に使用する酵母には、工業的にも使われている *Saccharomyces Cerevisiae* を用いた。

2. 実験概要

2. 1 各培地組成での培養

各培地組成を表1に示す。酵母エキス・麦芽エキス培地（以後はYM培地と記す）は酵母菌を培養するために使用されている培地組成である。生ゴミ培地（以後はNG培地と記す）は、模擬生ゴミの成分に合わせた培地であり、YM培地で培養した酵母とのエタノール生成量の比較を行った。なお、寒天培地は各培地組成に2%の寒天で固めた。作製した各寒天培地に酵母を植え継ぎ、嫌気性の状態で30℃の保温庫に培養した。植え継ぎから3～4日後に植え継ぎを繰り返し行い、半年間培養した。その後、250mlのメディウムビンで液体培地を作製し酵母の植え継ぎを行い大量培養した。

表1 各培地の組成

培地	成分	使用試薬	使用量(g/L)
YM培地	炭水化物	グルコース	10
	タンパク質	ペプトン	5
	糖類	Yeast extract	3
		Malt extract	3
NG培地	炭水化物	グルコース	24.9
	タンパク質	ペプトン	10.68
	脂質	脂肪酸 グリセリンエステル	3.16

Research on Ethanol Generation With Simulated Raw Garbage.

Shouki OHMORI, Takaaki OHKI, Daisuke KISHINA and Hiroshi SEKINE

2. 2 エタノール挙動

液体培地で大量培養した酵母を遠心分離機にかけ固液分離させ、集菌した。集菌した酵母は、図 1 に示した培養装置 3 基を用いて、表 2 に示す実験条件で実験を行なった。基準として模擬生ゴミのみで稼働させた槽を CASE1、模擬生ゴミに YM 培地で培養した酵母を導入し稼働させた槽を CASE2、模擬生ゴミに NG 培地で培養した酵母を導入し稼働させた槽を CASE3 とした。なお、試料である模擬生ゴミは、キャベツを粉砕機によりスラリー状としたものに補足有機分として試薬を添加したものを使用し、この時の模擬生ゴミの性状を表 3 に示す。この模擬生ゴミに酵母を導入した時間を 0 時間とし、6 時間ピッチで 48 時間のエタノール生成および有機酸生成におけるバッチ実験を行った。なお、エタノール濃度と有機酸濃度を測定するために高速液体クロマトグラフィー（以後は HPLC と記す）を使用し測定した。

2. 3 固形分減少率

固形分の減少は、ガス発生量に関係すると共に廃棄物処理の目的の 1 つとして重要である。そのため、最終処分量の減少を測定する目的として、バッチ実験後に各 CASE の試料を採取し、固形分減少率を測定した。

3. 結果

3. 1 エタノール挙動

CASE1 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化を図 3 に示す。

図 3 よりエタノール生成量は 12 時間後まで急激に増加し、約 33000mg/L に達した。しかし、pH が 4.5 から緩やかに下がってい

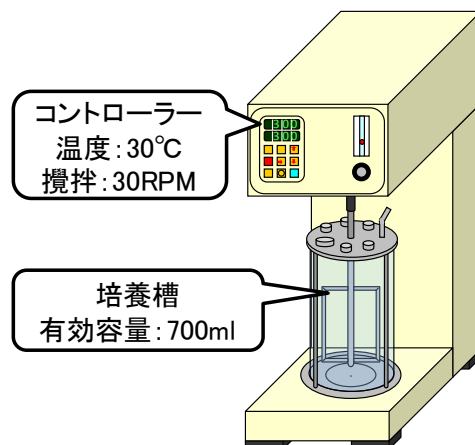


図 1 培養装置

表 2 実験条件

	CASE1	CASE2	CASE3
S.Cerevisiae の導入	基準(なし)	YM培地で培養	NG培地で培養
試料量	500mL		
温度	30℃		
攪拌	30RPM		

表 3 模擬生ゴミの性状

項目	測定値
間隙率 (%)	8.76
水分量 (g/L)	928.46
TSS (g/L)	71.54
TVS (g/L)	65.87
灰分 (g/L)	5.67
pH	6.213
糖類 (g/L)	55.40
セルロース (g/L)	6.90
タンパク質 (g/L)	26.70
脂質 (g/L)	7.90

くと同時にエタノール生成量は緩やかに増加していき 48 時間後には約 38000mg/L となった。一方、有機酸生成量は 12 時間後まで大きな変化がみられなかった。しかし、pH が 4.5 となった 12 時間から 24 時間の間で急激に増加傾向を示した。その後、24 時間以降からは緩やかに増加していき、最

最終的には約 41000mg/L となりエタノール生成量を上回った。

CASE2 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化を図 4 に示す。

図 4 よりエタノール生成量は初期段階から急激に増加し、12 時間後には約 54000mg/L に達した。しかし、pH が 4.7 から緩やかに下がっていくと、CASE1 と同様にエタノール生成量は緩やかに増加していく傾向がみられ、48 時間後には約 58000mg/L であった。一方、有機酸生成量は 0 時間から 48 時間まで緩やかに増加していき、最終的には約 39000 mg/L となりエタノール生成量が上回った。

CASE3 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化を図 5 に示す。

図 5 よりエタノール生成量は CASE2 と同様に初期段階から急激に増加し 12 時間後には約 44000mg/L に達したが、pH が 4.6 から緩やかに下がっていくと、エタノール生成量は緩やかに増加していき 48 時間後には約 50000mg/L となった。一方、有機酸生成量は 12 時間目まで大きな変化がみられなかった。しかし、pH が 4.6 となった 12 時間後から 18 時間の間で急激に増加し、18 時間以降からは緩やかに増加した。最終的には約 40000 mg/L であり CASE2 と同様にエタノール生成量が上回った。

これらのことから、全体的に pH が 6 前後ではエタノールが優先的に生成されるが、低くなるにつれてエタノールの生成量が少なくなり、有機酸が優先的に生成された。また、48 時間後の有機酸生成量において、各 CASE を比較すると、CASE1 が約 41000mg/L、CASE2 が約 39000 mg/L、CASE3 が約 40000 mg/L となり、大きな差

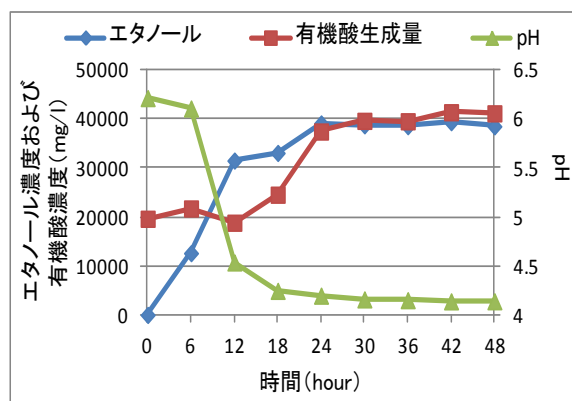


図 3 CASE1 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化

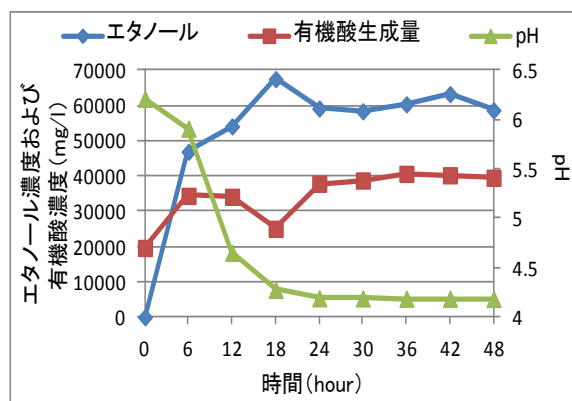


図 4 CASE2 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化

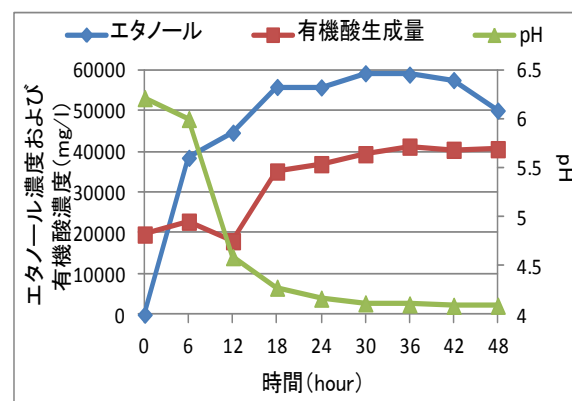


図 5 CASE3 のエタノール・有機酸生成量と pH における経時変化

はみられなかった。一方、エタノール生成量については、CASE1 が約 38000mg/L、CASE2、約 58000mg/L、CASE3、約 50000mg/L となり、CASE2 は CASE1 に比べ 1.5 倍、CASE3 では 1.3 倍となった。

3. 2 固形分減少率

48 時間後の各 CASE における固形分減少率を表 4 に示す。

表 4 より、CASE1 では、固形分の減少が 0.1%と微量であった。しかし、CASE2 と CASE3 の固形物量の減少率をみると、CASE2 では 1.1%、CASE3 では 1.6%減少していた。また、各 CASE 共に有機分の減少率が固形物量の減少率と同じことから、固形物量の減少量は有機分の減少量であるといえることができる。

これらのことから、酵母なしのエタノール生成に比べ、酵母を導入し、エタノール生成をすることにより固形分が減少する傾向がみられた。

4. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

①模擬生ゴミからのエタノール生成の特性において、pH が 6 前後ではエタノールが優先的に生成されるが、低くなるにつれてエタノールの生成量が少なくなり、有機酸が優先的に生成されるという傾向がみられた。

②48 時間後の有機酸生成量において、各 CASE とも 40000mg/L 前後であり、大きな差はみられなかった。

③48 時間後のエタノールの生成量においては、CASE2 は CASE1 に比べ 1.5 倍、CASE3 では 1.3 倍となり、酵母を導入することにより、エタノール生成が CASE1 より効率がよくなった。また、各 CASE より、

表 4 固形分減少率

	48時間		
	CASE1	CASE2	CASE3
固形物量 (%)	0.1	1.1	1.6
有機分 (%)	0.1	1.1	1.6
無機分 (%)	0	0	0

CASE1 が約 38000mg/L、CASE2 が約 58000mg/L、CASE3 が約 50000mg/L であり、CASE2 がエタノールを最も多く生成していた。

④固形分減少率においては、CASE1 は固形分の減少が 0.1%と微量であったが、CASE2 では 1.1%、CASE3 では 1.6%減少しており、CASE3 が多く固形分を減少していた。また、模擬生ゴミのみでの稼働に比べ、酵母を導入し稼働することにより固形分が減少する傾向がみられた。さらに、固形物量の減少量は有機分の減少量であった。

したがって、エタノール生成量及び固形分減少率より YM 培地で大量培養した酵母を導入し、稼働した CASE2 が、糖化工程なしでのエタノール生成に適しているといえることができる。

回収した発酵残渣に至っては、メタン発酵のエネルギー源として活用していく予定である。

[参考文献]

- 1)大聖泰弘・三井物産株式会社：図解 バイオエタノール最前線，pp. 231-232
- 2) (2008)リグノセルロース系バイオマスからの非硫酸バイオエタノール製造法の開発—メカノケミカル前処理・酵素糖化法—，*Journal of the Japan Petroleum Institute*, Vol. 51，No. 5，pp.264-273
- 3)山根浩二：自動車用バイオ燃料技術の最前線（2007），pp. 2-12