

木質からのバイオエタノール生成

岩手県立釜石高校 理数科 3年 佐野誉尊 菊池康生 新田尋斗 佐藤蓮太

1. はじめに

現在、世界は電気自動車（EV）の潮流の中にある。日本でも充電インフラが広がりを見せていて、いずれ日本もEVの潮流にのまれていくだろう。確かに、EVが走行する限りでは、温室効果ガスである二酸化炭素を排出しない。しかし、その電気エネルギーは発電所で発電されている。現在の電気エネルギーのほとんどは火力発電所、つまり石油に頼っていることを考えると、本当に排出する二酸化炭素が減少するのかが疑問である。日本自動車工業会会長の豊田章男会長によると、国内の自動車がすべてEVになった場合、火力発電所を20基ほど増やさなければならない試算になるとのことである。ならば、この発電を石油に頼らなければ排出される二酸化炭素を大幅に削減できると私たちは考え、バイオエタノールに注目した。しかし、トウモロコシやサトウキビをバイオエタノールに転用することは、食糧問題に拍車をかける可能性がある。そこで私たちは、食糧と競合しない非食糧のバイオマスをもとに作られる第二世代バイオエタノール、特に木質から作られるものを研究することにした。

木質からの生成にこだわる理由とし

て、日本の自然豊かな国土がある。私たちは、日本の広い森林を生かしてバイオエタノールを生産できるのではないかと考えた。また、森林を構成する個々の樹木は、光合成によって大気中の二酸化炭素を取り込んで樹木はからだを作る。そのため、樹木を燃やして二酸化炭素を出しても、それはもともと空気中にあった二酸化炭素が発生したと考えられ空気中の二酸化炭素総量の増減には影響しない（カーボンニュートラル）という特性を有している。このような特性を持つ木材からバイオエタノールを生成することで食糧問題に拍車をかけずに地球温暖化防止に貢献できるのではないかと考えた。

2. 研究の目的

大掛かりな設備を用いずに、木質を原料として手軽に効率よく、バイオエタノールを生成する方法を探る。

3. 予備知識

(1) 希硫酸による加水分解法について

本実験では学校の設備で実験可能な希硫酸による加水分解法を用いる。この方法は、希硫酸を用いてセルロースの構造を破壊して単糖に分解する方法であ

る。なお、希硫酸の濃度を73%とするのは、炭化が進まずセルロースの分解も行える最も効率の良い濃度であるからである。

(2) イースト菌について

本実験では市販のイースト菌を利用する。イースト菌は好気条件では呼吸を行い、嫌気条件ではアルコール発酵を行うため、これを利用してエタノールを得る。

(3) アルコール発酵について

グルコース、フルクトース、ショ糖などの糖を分解し、エタノールと二酸化炭素を排出し、エネルギーを得る代謝のプロセスである。嫌氣的な反応であり、酵母が呼吸できないときには、他の方法でエネルギーを得る反応である。

(4) 第二世代バイオエタノールについて

食糧と競合しない非可食資源を原料とするバイオエタノールを指す。プロセスの中間体である糖は、非可食資源を原料とする2G-糖であり、主な原料としては農産・工場廃棄物(サトウキビバガス、稲わら、麦わら、廃菌床、コーヒー粕、パームトランク、古紙など)木質系原料(木材、パルプなど)がある。

(5) 木材の種類

木質を糖化して得られた糖化液にはさまざまな糖が含まれており、セルロースからはグルコースのみが生成するがヘミセルロースからは樹種によって得られる糖の種類が異なる。今回は日本に

よく自生し、質量におけるセルロースの量が多い、ヒノキを用いることにした。

(6) 木質の形状

本論文において、木質の形状は「チップ状」は5mm²厚さ1mm、「粉末状」は直径1mmとした。

(7) エタノール計測器

今回実験で用いたエタノール計測器(株式会社エスコ、EA776BY-10)は、光の屈折をもとに濃度を計測できるものである。また、エタノール計測器を蒸留していない試料に用いないのは、硫酸と水酸化ナトリウムとの中和で出来た塩である硫酸ナトリウム、およびそのほかエタノール以外の不純物に計測器が反応してしまうからである。

4. 実験 I 対照実験

(1) 準備

希硫酸(73%)、チップ状木材と粉末状木材、水酸化ナトリウム(1.0mol/L)、市販のイースト菌、恒温器、エタノール計測器(株式会社エスコ、EA776BY-10)

(2) 実験方法

- ① 後に行う実験における希硫酸の効果を検証するため、そして、使用するエタノール測定器は、エタノール以外にも感知するため、対照実験を行う。
- ② ヒノキの木材を粉碎処理する。形状はチップ型(約5mm²)、粉末型(直径約1mm²)。

- ③ 上記の木材 5.0g をそれぞれ水に浸し、その液体を取り出し、イースト菌(5.0g)を混ぜて1週間発酵させる(35℃)。
- ④ その後、蒸留し、留出液をエタノール測定器で測定する。
- ⑤ 同様の実験を、木材の質量を変えて行う(10g, 15g, 20g, 25g, 30g)。

5. 実験Ⅱ 希硫酸により木質を糖化する

(1) 準備

希硫酸(73%)、チップ状木材と粉末状木材、水酸化ナトリウム(1.0mol/L)、市販のイースト菌、恒温器、エタノール計測器(株式会社エスコ、EA776BY-10)

(2) 実験

- ① チップ型(約5mm²)、粉末型(直径約1mm)

の木材 5.0g のそれぞれに、質量パーセント濃度 73% の希硫酸 30g を加える

- ② 上記の液体だけを取り出し、水酸化ナトリウム水溶液(1.0mol/L)でpHを4.0~5.0に調整する。
- ③ この液体にイースト菌 5.0g を加え、1週間発酵させ、蒸留し、留出液をエタノール測定器で観察する。
- ④ 同様の実験を、木材の質量を変えて行う
(10g, 15g, 20g, 25g, 30g)。

6. 結果

(1) 結果は次の表のようになった。

表 1 生成エタノール濃度(蒸留水+木質)

実験Ⅰ 対照実験 蒸留水+木質		0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
質量[g]		0.00	0.10	0.10	0.20	0.30	0.50	0.80
留出液のエタノール濃度測定値 [W/W%]	チップ状 面積5mm ²	0.00	0.10	0.10	0.20	0.30	0.50	0.80
	粉末状 直径約1mm	0.00	1.20	1.20	1.30	1.40	2.30	3.30

表 2 生成エタノール濃度(希硫酸+木質)

実験Ⅱ 希硫酸を用いた生成エタノール 希硫酸+木質		0.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0
質量[g]		0.00	0.10	0.10	0.20	0.30	1.00	3.00
留出液のエタノール濃度 [W/W%]	チップ状 面積5mm ²	0.00	0.10	0.10	0.20	0.30	1.00	3.00
	粉末状 直径約1mm	0.00	1.20	1.40	1.40	1.50	1.90	4.20

(2) 表 1・表 2 を近似直線であらわす

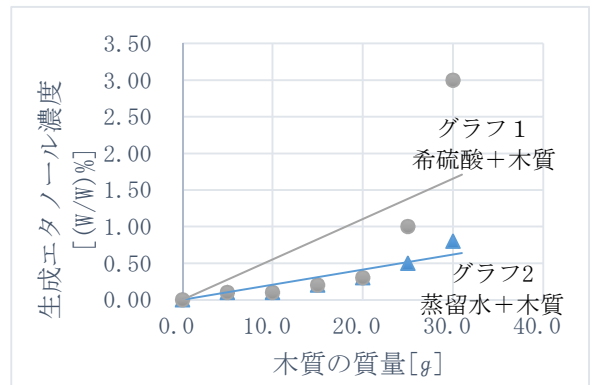


図 1 チップ状木質の質量と生成エタノール濃度

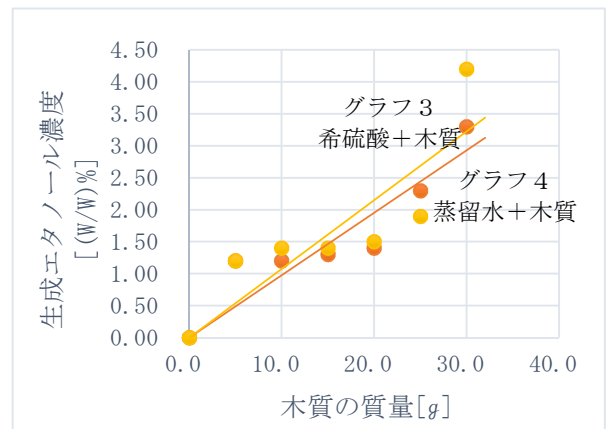


図 2 粉末状木質の質量と生成エタノール濃度

(3) 対照実験の近似直線を基準にする

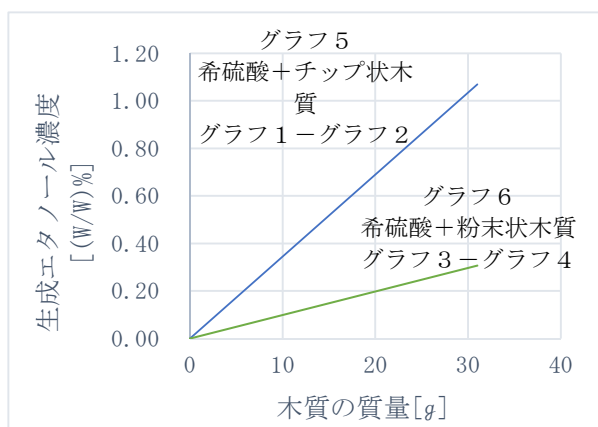


図3 木質の形状ごとの実質の生成エタノール濃度

7. 考察

対照実験における留出液に匂いが感じられた。このことから、エタノール以外にも不純物が含まれていた可能性がある。エタノール計測器は不純物にも反応するので、図3のように対照実験によるエタノール濃度測定値をエタノール以外の不純物による値と見なし、「希硫酸を用いた方法のエタノール濃度-対照実験におけるエタノール濃度」が実際に生成されたエタノール量だと考えられる。

図3より、粉末状のエタノール生成量がチップ状のエタノールの生成量より小さいのは、硫酸に浸けていたのが1週間で、セルロースの過分解を起こしたためであると考えられる。さらに、木質量を増やしてもエタノールの生成量は一定にならなかったため、濃度73%の希硫酸30gあたりの最適な木質量は、30g以上であること、希硫酸の量はセルロースの分解の前後で変化しないことが考えられる。

本実験における硫酸の効果は私たちが

想定していたものより小さく、これは木質の前処理の不足が考えられる。

8. 今後の展望

今回の実験は、希硫酸の濃度を工場などで用いられる時最大の効率を出すときされる73%で行ったが、それは複雑な前処理をした木質を糖化する場合の話なので73%以外の硫酸の濃度で実験をし、比較を行いたい。本来であれば、木質の使用量あたりの実際に生成できたバイオエタノールを抽出し計測して、効率を考察したかったが生成されるエタノールが非常少なく、蒸留しても濃度が低い上に、エタノール計測器がエタノール以外の物質にも反応するため、正確な比較は困難であった。そこで、より正確に計測できる機材を用いてエタノールを計測したい。

また、最も効率の良い木質と希硫酸の質量比も求めたい。

本文への記載はないが、純粋なセルロースと加水分解酵素をもちいた実験も行っていった。時間が足りなかったため、実際の木質では行うことができなかったため、今後の機会に実験し評価したい。

9. 参考文献

- ・西坂欣也ほか『とことんやさしいバイオエタノールの本』 S&B ブックス 2007