

# 糖含有物から効率よく糖を取り出す方法を探る

## 要旨

近年問題となっているエネルギー問題においてバイオエタノールは新エネルギーの1つとして注目されている。しかし原料はトウモロコシやサトウキビといった穀物が中心であり、世界的に食料として食べられているものを使うため、食料不足につながりかねない。

そこでここでは木材を使ったバイオエタノールの生成について考える。バイオエタノールの生成には単糖類のグルコースやそれによる多糖類を取り出すことが必要となる。

そこで私は硫酸を利用した実験を行った。その結果、硫酸によって加水分解された糖を取り出すことができ、実験は一定の成果を上げることができたといえる。

また、上記の実験の効率を上げるために硫酸の電気分解を利用して硫酸の回収と再利用についても研究を行った。

## 本文

### ・木質糖化について

#### 1、目的

木質とは細胞壁の主成分であるセルロースとその周囲を覆うリグニンと呼ばれる高分子結晶から成る。セルロースとリグニンは結合することで（リグノセルロース）科学的に安定し、非常に結合が強く、今までバイオエタノールの原料には適さないと言われていた。今回の研究の目的はセルロースとリグニンの結合を切り離すことにある。

まずリグノセルロースの結合について調べるため、木屑を蒸して見ることにした。

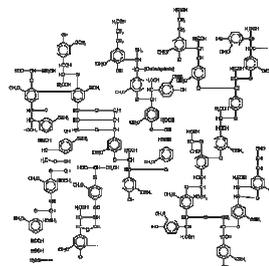
#### 2、使用した器具など

##### (1) 使用器具

ビーカー    試験管    蒸し器    駒込ピペット    ろうと    ろ紙    蒸発皿

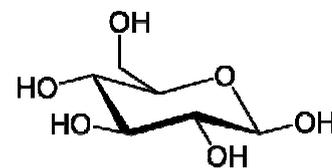
##### (2) 使用薬品など

フェーリング溶液    純水



↑リグニン

↓グルコース



### 3、実験の手順

- ① 3つの蒸発皿に木屑をそれぞれ 3.0 g ずつ入れる。
- ② 1つの蒸発皿はそのまま 100ml の純水で洗い、その水を試験管に入れる。
- ③ もう 2つの蒸発皿は蒸し器に入れて、それぞれ 1, 2 時間ずつ蒸す。(15 分ごとに攪拌する。)
- ④ ③の木屑をそれぞれ 100ml の純水で洗い、その水を試験管に入れる。
- ⑤ ②と④で得た溶液にフェーリング溶液を少量入れ、加熱して反応を見る。



←木屑を蒸した時間とフェーリング反応の関係性を調べたもの。

### 4、結果

実験結果は次の通り

	純水	0時間	1時間	2時間
沸騰石あり	○	○	○	○
沸騰石なし	×	○	○	○

はじめ、フェーリング溶液を加えて加熱する際に、試験管に沸騰石をいれていた。しかし、沸騰石を入れた試験管からは、フェーリング反応が得られないはずのない純水でもフェーリング反応が見られた。このことから、この実験で沸騰石を使用するのは避けるべきであると分かった。

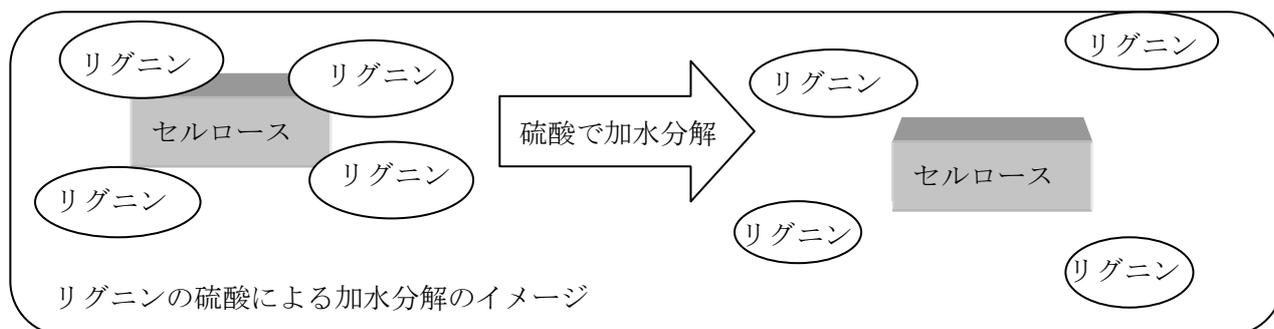
沸騰石なしの実験では、純水以外のすべての試験管でフェーリング反応が見られた。しかし時間ごとの量の変化についてはフェーリング反応では明確な結果を得ることができなかった。光学糖度計を使用したところ、数値を測定することが出来ないほど微小であることが分かった。

以上のことから、リグニンとセルロースは熱や湿気では分解されないことが分かった。そこでリグニンの性質について調べ、別の方法について探ることにした。

・硫酸法について

1、目的

はじめの実験の後、リグノセルロースについて調べたところ、硫酸を用いて分解する方法（硫酸法）があることを知った。硫酸法は希硫酸法と濃硫酸法の 2 つがあるが、後者は硫酸の回収・再利用が可能ということで、今回は濃硫酸法を行った。



2、使用した器具、装置など

(1) 使用器具

ビーカー 試験管 温度計 ph 試験紙 ガスバーナー マイクロピペット  
駒込ピペット スターラー

(2) 使用薬品

95%濃硫酸 水酸化カルシウム フェーリング溶液 純水

3、実験の手順

- ① 95%濃硫酸を、濃度 75%になるように純水で希釈する。
- ② 濃度 75%の硫酸 10 グラムをおがくずが 2~3 グラム入ったビーカーに入れ 40℃で湯煎しながら 15 分間攪拌する。
- ③ 15 分攪拌したら、硫酸濃度が 15 パーセントになるように純水を加え、加水する。(硫酸：純水=2：3) ラップして、蒸発を防ぐ。
- ④ 加水後、90℃で 35 分湯煎しながら攪拌する。
- ⑤ このままでは酸性で、バイオエタノールの材料としては使えないので、水酸化カルシウムで中和する。



↑ 硫酸によって分解された木屑



↑ 水酸化カルシウムで中和する

#### 4、結果

硫酸を用いることによって、木質内のセルロースとリグニンとの結合を分解することに成功し、フェーリング反応によって確認することができたが、木屑の量と硫酸の量の最も良い比率までは分からなかった。また、実験で用いたサンプルが微量であったため、詳しく調べることが出来なかった。このことから今回の実験が最も効率が良かったとは言えない。そこで、次の研究、実験で効率のよい方法について探る。

##### ・硫酸の回収、再利用について

#### 1、目的

上にも書いたとおり、硫酸を中和する方法で木質糖化をすると、大量の硫酸が必要となり、生成のコストとエネルギーがかかってしまう。これでは効率がいいとは言えない。むしろエネルギーの無駄遣いといっても過言ではない。そこで、私は硫酸を再利用、回収する方法について研究を行った。

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 の HP から硫酸の再利用に関する資料を入手し、同試験場からの指導の元、硫酸の電気化学セルの作成を実験を行った。

#### 2、使用材料

シリコンゴムシート    アニオン交換膜    アクリル板    接着剤

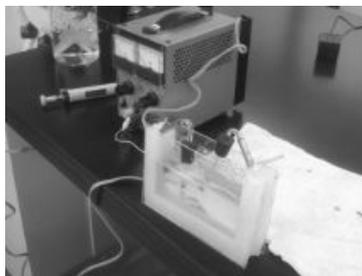
#### 3、作成の手順

- ①、アクリル板を任意の大きさに切る。2枚作成。
- ②、シリコンゴムシートをアクリル板と同じ大きさに切り、上部を切り取りカタカナの「コ」の字型に切り取る。
- ③、アニオン交換膜をシリコンゴムシートの「コ」の内枠より、若干大きめにカットする。
- ④、シリコンゴムシートとアニオン交換膜を交互に重ねて層を作る。
- ⑤、④で作った物の両端を①で作成したアクリル板で挟み込み、水槽にする。
- ⑥、アクリル板とシリコンゴムシート、シリコンゴムシートとシリコンゴムシートの間を接着剤で隙間の無いように接着する。



このセルは、はじめアクリル板ではなく、ガラス板を使っていたが、接着面での水漏れやセルの重量など、扱いにくい部分が多かったのでアクリル板に変えた。

大きさは外枠縦 100 mm×横 150 mm 内枠縦 85 mm×横 130 mm、シリコンゴムシートの厚みは 5 mm、これが 5 枚重なっており、容積は  $85 \times 130 \times 25 = 276250 \text{ mm}^3$  であるセルを作成した。このセルで実験を行ってみたところ、実験がしにくい部分が多かったので、大きさの違う電気化学セルを作成した。

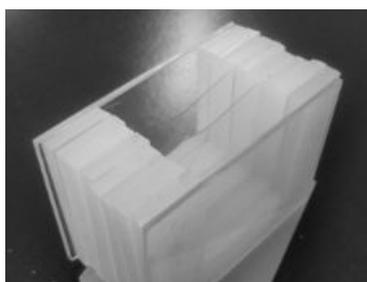


↑実験の様子

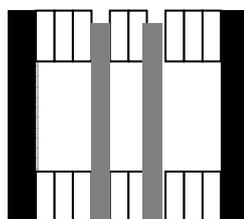


↑セルの大きさに比べ、厚みがなく、電極の大きさともあっていないことが実験しにくい原因であった。

違う電気化学セルでは外枠縦 60 mm×横 80 mm、内枠 40 mm×40 mm、シリコンゴムシートの厚みは 5 mm、これが 8 枚重なっており、容積は  $40 \times 40 \times 40 = 64000 \text{ mm}^3$  であり、前のセルのおおよそ  $1/4$  の程度の大きさとなった。(1/4.3164063)



←新しい電気化学セル



←セルを上から見たイメージ図

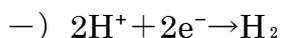
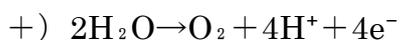
#### 4、結果

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場の協力、指導のおかげで、電気化学セルの作成をすることが出来た。また、実験を行うことで出てきた課題に対し、答えを出すことが出来たのも、1つ成果であったと言える。次項では今回製作したセルを使った電気透析について述べる。

##### ・硫酸の電気透析について

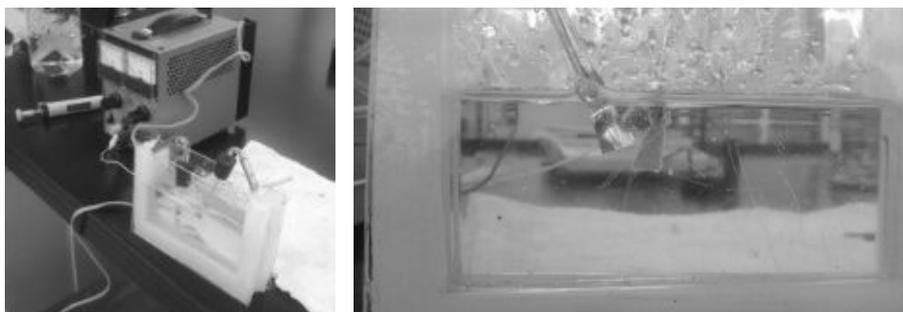
作成したセルを用いて電気透析を行ったが、セルに不具合などが生じ、実験がうまくでなかつたため、今回は結果を残すことはできなかったが、以下にその理論を述べる。

硫酸の電気透析による各電極の反応式は、



である。

前頁の式から陽極側に水素イオン、陰極側に硫酸イオンが集まり、両極間の電荷に違いが生じる。ここで両極間の電荷を均一にするためイオンが移動を始める。この時セル内にあるアニオン交換膜があるため陽イオンである水素イオンは移動が出来ず、陰イオンである硫酸イオンだけが陽極側に移動する。以上の反応で陽極側は硫酸が、陰極側は水が生成される。そして陽極側の硫酸を回収することで、再利用可能になる。



電気透析の様子

今回の実験では、各電極では気体が発生し、陽極側では 1ml 当たりの質量が増え、陰極側では質量が減っていた。またその中間では陽極より若干質量が小さいという結果になった。

以上の事と、始めの濃硫酸法を組み合わせると陰極側からグルコース水溶液が取り出せる。また陽極側の硫酸はもう 1 度硫酸法でリグニンの加水分解が出来る。これを繰り返すことで硫酸法の効率を上げることが出来る。

#### 感想

今回の一連の実験・研究・調査をおこなって、硫酸法の効率化について考察をすることが出来た。しかし細かい部分でまだはっきりと考察をすることが出来なかったので、これからも実験・研究を続け、真に「効率が上がった」と言われるような結果を出せるように頑張っていきたいと思う。

また、濃硫酸法並びに電気透析についてご指導くださった地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場 の皆さまに感謝申し上げます。

#### 協力機関

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場