

米から作る生分解性プラスチック「ライスプラ」の合成

Making biodegradable plastic from rice

2年 **又所** 1年 **研 研**

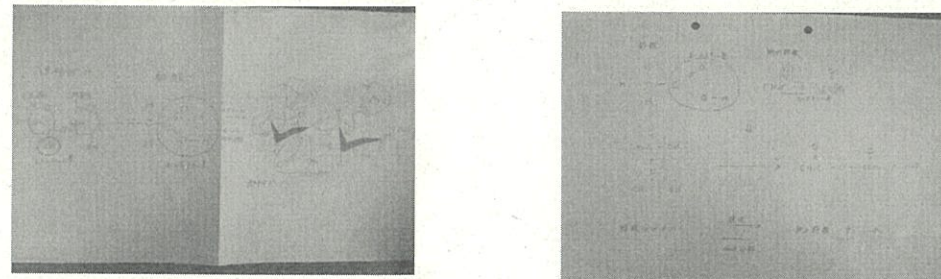
Abstract

Biodegradable plastic has drawn global attention now because of the damage by microplastics is becoming serious. But, it has many problems such as environmental destruction or its cost. So, by making biodegradable plastic from rice, which is plentiful in Japan, we strive to solve these problems. We can make biodegradable plastic by esterifying the starch. And we assumed that we can make biodegradable plastic by rice, whose material is starch. Rice is not 100% starch, so we have to extract the starch from the rice.

1.はじめに

自然界で微生物によって分解されるプラスチックを生分解性プラスチックという。マイクロプラスチックによる被害が深刻化する今、生分解性プラスチックは世界的に注目されている。しかし、主な原料であるトウモロコシを栽培するために森林伐採をすることによる環境破壊、コストの高さなど多くの問題を抱えている。そこで、日本で豊富にある米から生分解性プラスチックを合成することにより、それらの問題を解決し、生分解性プラスチックを普及させることを目標とした。

生分解性プラスチックを合成する方法の1つとして、デンプンのエステル化があげられる。実際、昨年の研究や今年の研究で、デンプンである片栗粉から生分解性プラスチックを合成することに成功している。そして、同じデンプンが原料である米からも、うまくデンプンを取り出すことができれば、生分解性プラスチックを合成できると仮定した。



・左は酢酸を用いたエステル化反応、右は酢酸と無水酢酸の関係を表す。
太く結合している部分は立体的な構造になっていることを示す。

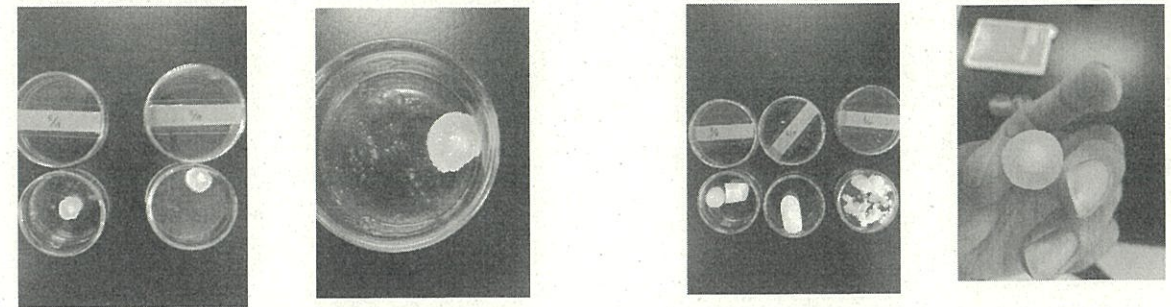
エステル化

カルボキシ基をもつカルボン酸、ヒドロキシ基をもつアルコールまたはフェノール類を混合し、濃硫酸を触媒として加熱すると、脱水縮合して1つの化合物ができる。これをエステル化という。また、カルボキシ基-COOHからOHが、ヒドロキシ基-OHからHがとれて、そこで縮合した結果、-OCO-の結合を生じる。これをエステル結合という。

2. 研究方法と実験結果

方法(1) デンプンプラスチックの片栗粉による合成

片栗粉(デンプン) 2g、純水2ml、酢酸2ml、濃硫酸1, 2滴を試験管に入れ、ゴム栓でふたをして振ってかき混ぜる。この時に、しっかりと混ぜ合わせることが重要である。次に、その試験管を80℃の水が入ったビーカーの中で20分間湯浴する。その後、ビーカーから試験管を取り出し、人肌程度の温度になったら、炭酸水素ナトリウム水溶液を、泡が発生しなくなるまで試験管に加える。これはエステル化の触媒として入れた濃硫酸を中和させるためである。最後に、試験管内に生成した固体を取り出し、シャーレに入れて乾燥させる。



5月19日に行った実験の結果で、
右は左の写真を拡大したものである。

6月16日に行った実験の結果で、右は左の写真を
拡大したもの。左の写真の左2つは試験管を割っ
たため、きれいに取り出すことができた。

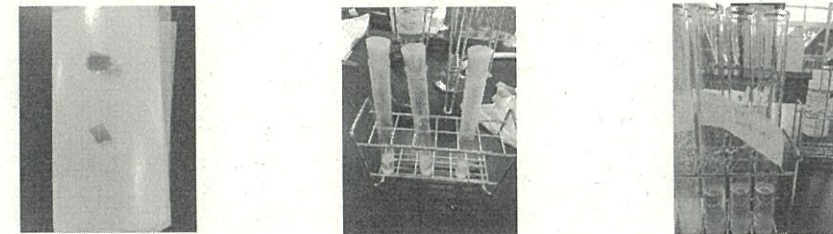
・いずれの結果も中心部に白い物体がみられることが分かる。

結果(1)

3回の実験で、出来た固体に少し差はあったが、うまく固体を取り出すためには2つのことを意識すればいいと分かった。1つ目は、しっかりと混ぜ合わせてから湯浴することだ。混ぜ合わせないと、片栗粉と反応しないためだ。2つ目は、中和後は、すぐに取り出すのではなく、時間を置くことだ。中和後、すぐに取り出すと、固まりきっておらず、うまく試験管から取り出せない場合が多いためだ。また、試験管の中で固まっていなくても、取り出してから少し待ってみると固まる場合があることも分かった。また、生成した固体の特徴として、中心部に白いかたまりができており、この部分がプラスチックであると仮定した。白い部分が余りにも小さいので、それを取り出すために次の実験を行った。

方法(2) デンプンプラスチックの片栗粉による合成2

(1)で行った実験のデンプン、純水、酢酸、濃硫酸、加熱時間を全て3倍の量、時間で行った。



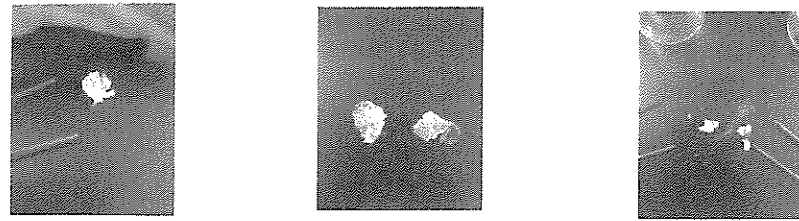
・左の写真は、濃硫酸を炭酸水素ナトリウムで中和した時に出てきた液体が水であることを万能ph試験紙を用いて確かめている。
・真ん中の写真は湯浴を終えた直後、右は、湯浴を終えてしばらくたった時の写真である。透明な物質が生成していることが分かる。

結果(2)

中の白い部分を取り出すはずが、なんと透明になった。これは、おそらく濃硫酸や加熱時間を増やしたため、エステル化の程度が調節されたためだと考える。加熱時間がそのままであれば、中心部に白い固体が生成していただろう。しかし、エステル化の程度が強まったと考えると、中心部がプラスチックである可能性は低い。そこで、どこの部分がプラスチックなのかを確かめるため、次の実験を行った。

方法(3) 生成した固体のプラスチック性の検証

プラスチックの定義はいまいだが、性質の1つとして熱可塑性をもつことがあげられる。できた生成物を乾燥させて熱し、熱可塑性が確かめられれば、その固体はプラスチックであるといえるだろう。(生分解性プラスチックに熱硬化性のものはない。)



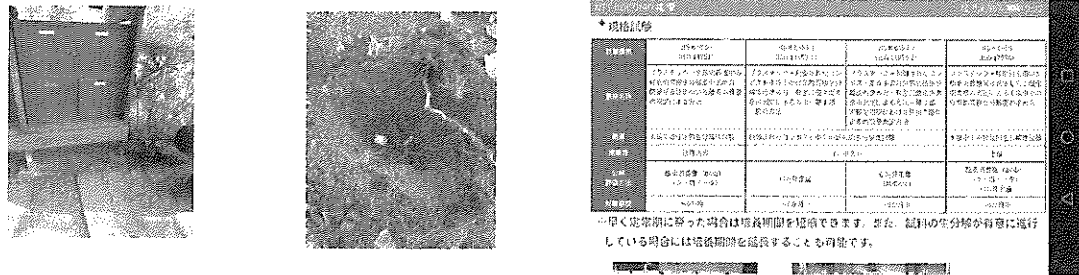
・上の写真はガスバーナーの炎の上で、ピンセットを2つ用いて熱可塑性を確かめた結果である。

結果(3)

ガスバーナーで直接熱したため、こげてしまったものもあったが、多くのものは、あたためると変性を示し、熱可塑性が確かめられたといえるだろう。これにより、外側の透明な部分がプラスチックであると証明できた。よって、中の白い部分はエステル化しきっていない、またはうまく混ぜ合わさっていない片栗粉だと仮定した。外側の透明な部分がプラスチックである以上、量を増やす必要はないので、加熱時間、濃硫酸のみを2倍にして実験を行うと、透明な固体が析出した。

方法(4) デンプンプラスチックの生分解性の検証

生分解性プラスチックはISO,JISによって細かく定義されているが、そこにある方法で検証するには、長時間、温度を保ち、気体の発生量を測定する必要があり、学校の設備では難しいと判断した。よって、学校の「学びの森」の土に埋めて、経過を観察する。また、普通のプラスチックも埋めて対照実験をする。



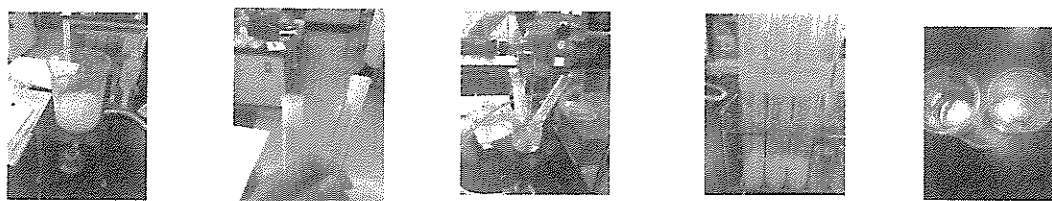
・左の写真は埋めた場所、真ん中の写真は埋める前、右の写真は生分解性プラスチックの定義である。

結果(4)

9月中旬に埋め、12月中旬に見てみると、あまり変化は見られなかったが、少しもろくなっている気がした。原因としては、やはり3、4か月と期間が短ったのと、分解を行う微生物の量が少なかったのではないかと考えた。生分解性を確かめる他の方法が必要だと感じた。

方法(5) 米からの生分解性プラスチックの合成

米も片栗粉もデンプンからできているので、(1)と実験方法は同じだが、米は片栗粉と違って、100%がデンプンではないので、米から他のたんぱく質などを除いてデンプンを取り出す必要がある。そこで、4つの方法で米からデンプンを取り出すことを試みた。①米を研いだ時、炊いた時の上澄み液②炊いた米を絞ったもの③米そのもの④米をすりつぶしたもの



・左2枚は、②の様子と結果、右3枚は、④の様子と結果である。

結果(5)

①水の層と上澄みの層に分かれただけ

②ゲル状になって固まらなかった

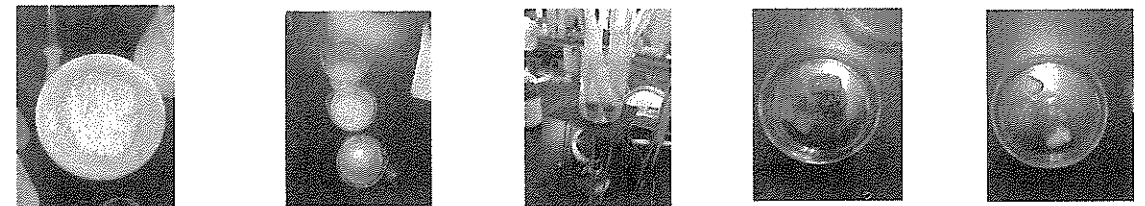
③米がふやけただけ

④ゲル状だったが、試験管を取り出して1日おいたら固まった。

米は外側にたんぱく質を多く含み、中心にいくほどデンプンの割合が高くなるので、次は米を研いでからすりつぶしてやってみる。

方法(6) 米からの生分解性プラスチックの合成2

大学の先生からのアドバイスを受け、ゲル状になってうまく固まらないことを改善するため、酢酸よりも強力なアセチル化試剤である無水酢酸を用いて(1)の実験を行った。また、研いでふやけた状態の米をつぶしたものを用了。



・左から順に、ふやけた米をつぶしたもの、中和の様子、湯浴の様子、水なしの実験の結果、水ありの結果

結果(6)

実験の結果、酢酸から無水酢酸に変えたことで様々な変化が起こった。まず、湯浴の前に少し変色が起こり、湯浴を終えた後は変色していなかった。これは、米と無水酢酸が触れている部分だけが直接反応してしまったためだと考えられる。その後、ビーカーから取り出したが、ゲル状でうまく固まっていなかった。そこで、化学反応式になって直接エステル化反応に関係のない水をなくして実験を行うと、固まったが変色して真っ黒になった。また、2つの場合に共通して、酢酸の時よりも反応が激しく発熱していた。

この実験結果から、ちょうどいい水の量を発見出来れば、変色のないプラスチックができるのではないかと考えた。また、米と無水酢酸が直接反応してしまっていたことから、しっかり混ぜ合わせるだけでなく、米を溶かして液体にすることが重要なのではないかと感じた。水にはおそらく溶けないので、エステル化に影響を及ぼさず、米を溶かせる液体を探したいと思う。

4. 考察

片栗粉から生分解性プラスチックが合成できたように、米からも生分解性プラスチックができつつある。ただし、生成された固体が生分解性、プラスチック性を持つことが証明されなければ意味がない。米をうまくエステル化して固体を生成する、プラスチック性を検証する、生分解性を検証する。この3つができて、初めて米から生分解プラスチックができたと言えるだろう。

5. 今後の課題

課題はプラスチック性、生分解性の検証だ。これまでは、生成した固体がプラスチックの性質の1つである熱可塑性を持つことを確かめることによって、プラスチック性を検証していた。しかし、これでは表面がこげてしまったりして、熱可塑性を正確に調べるのは難しい。そもそも、熱可塑性を持っただけでプラスチックであると断定していいのか、という問題もある。そこで、生成した固体に強塩基(NaOHなど)を加えて、熱することによって無水酢酸などが生成する「けん化」と呼ばれる作業を行うことにより、エステル結合を持ち、プラスチック性を持っていたと証明できると考えた。生分解については、アミラーゼなどの酵素が入った液を使うことによって生分解性を確かめられると考えた。

6. 参考文献

- | | |
|---------------------|-----------------|
| トコトやさしい生分解性プラスチックの本 | 生分解性プラスチック研究会 編 |
| 入門 生分解性プラスチック技術 | 生分解性プラスチック研究会 編 |
| 生分解性プラスチックの実際技術 | CMCテクニカルライブラリー |