

プラントチック

野菜からプラスチックを作る

虻川堅汰、和泉亜里紗、佐藤白峰、藤原優奈、細川秀翔

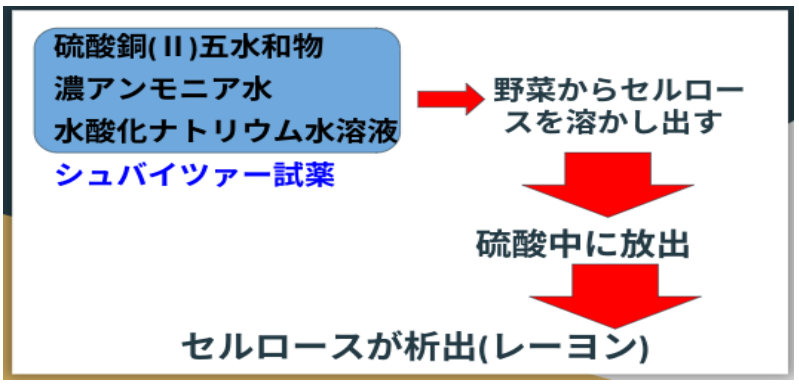
要旨
　近年、海洋におけるマイクロプラスチック問題が深刻化しており、環境に優しい代替素材の開発が求められている。本研究では、食料と競合しない資源として、植物の細胞壁に含まれるセルロースに注目し、廃棄される野菜などからセルロースを抽出・加工して生分解性プラスチックの原料とする可能性を探った。
実験では、野菜からのセルロース抽出に「銅アンモニアレーヨン」法を用い、加熱・乾燥などの前処理の違いによる影響を調査した。また、セルロース100%の脱脂綿を用い、過酸化水素および水酸化ナトリウムとの反応を行い、その化学的変化を銀鏡反応とヨウ化カリウムデンプン試験紙により検証した。色調の変化があったことから、セルロースの分子構造が変化している可能性が考えられる。
　一方で、銅や強塩基などの使用は環境負荷が高く、今後はより安全で持続可能な化学薬品への代替が必要である。最終的には、廃棄野菜からのセルロース回収とその有効活用を実現し、環境にやさしい素材開発へとつなげていくことを目指す。

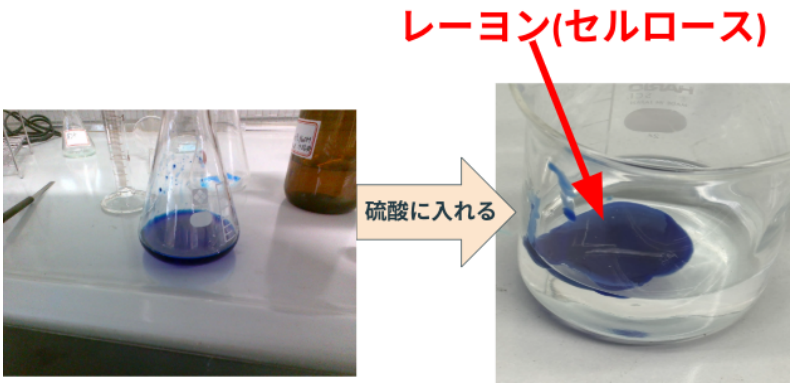
1. はじめに

　海洋のマイクロプラスチック問題の解決を目的として、デンプンを用いた生分解性プラスチックの存在を知った。しかし、デンプンは食料と併用になってしまうため好ましくない。そこで、植物の細胞壁に含まれるセルロースを使ってプラスチックの代替品を生成することで、野菜の捨てられる部分からも作り出す事ができ、環境に負荷がかからないのではないかと考えた。

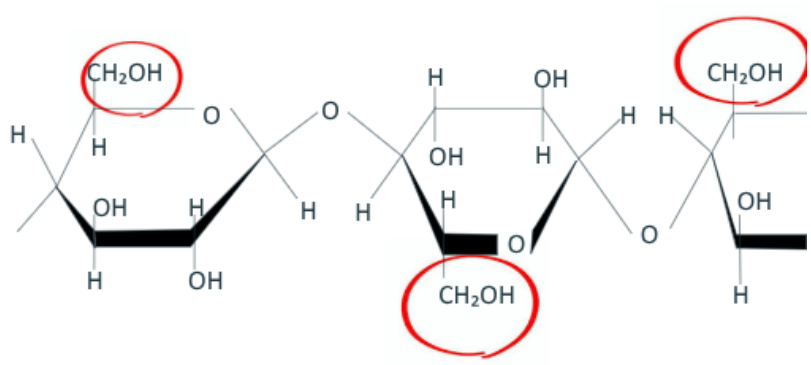
2. 目的

　廃棄野菜からセルロースを析出させる
行った実験の補足、用語の説明
・銅アンモニアレーヨン：セルロースを再生繊維としたものをレーヨンという。セルロースを再生繊維として取り出す方法の一つとして私達は教科書に載っている「銅アンモニアレーヨン」法を用いた。
実験は以下のような薬品と方法を用いて行った。





・なぜ硫酸銅(Ⅱ)五水和物の代わりに酸化剤を用いたのか
酸化剤を用いることでセルロースの水素結合を失わせる
→分子間の結合が弱くなり溶液に溶けやすくなる



赤丸で囲われた部分が断ち切る水素結合を作ってる部分である

・銀鏡反応とは…
　アンモニア性硝酸銀水溶液を使う。黒に変色すると銀(酸化数0)が析出し還元性の物質が出来ていることが分かる。
　ホルミル基ができる→還元性が確認できる＝銀鏡反応が起きるため私達は銀鏡反応実験を用いた。
・ヨウ化カリウムデンプン試験紙とは…
　酸化剤の検出に用いられる。酸化剤と反応→青色に変化
　過酸化水素がきちんと酸化剤として機能しているかどうかを確かめるために使用する。


←実験に用いたヨウ化カリウムデンプン試験紙

実験①

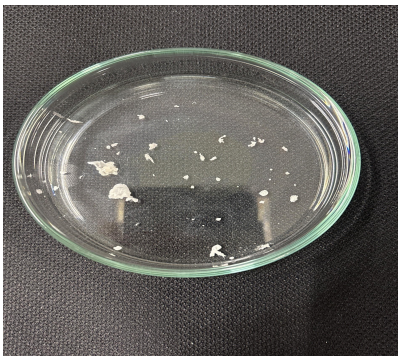
予備実験として、セルロース100%の脱脂綿に銅アンモニアレーヨン法を用いて取り出した　レーヨンの質量を計測する。

使用した薬品：濃アンモニア水、硫酸銅(Ⅱ)五水和物、水酸化ナトリウム(2mol/L)、硫酸(6mol/L,3倍希釈)

結果①

脱脂綿	質量
加工前	0.2g
加工後に得られたレーヨン	0.07g

下図は脱脂綿から取り出された質量比約35%のレーヨンである。



実験②

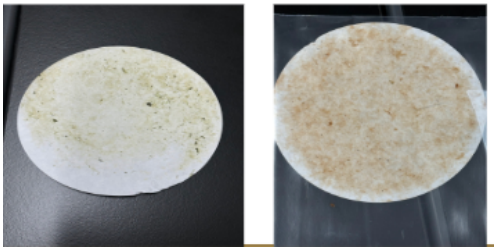
複数の野菜に煮る、乾燥させるなどの加工を行い、その野菜で銅アンモニアレーヨン実験　を行うことで析出したレーヨンと考えられるものの質量を野菜ごとに比較した。

結果②

ブロッコリー	質量
加工前①	1.0g
②	1.0g
加工後に得られたレーヨン①	0.03g
②	0.03g

下図は野菜から析出したセルロースのサンプルである

ブロッコリー　りんご



（抽出されたセルロースは純度100%とは言えない

考察②

煮た野菜からレーヨンが析出しなかったのは、セルロースが熱湯に溶けなかったことが原因と考えられる。また、レーヨンだけでなく他の成分も混ざっている可能性があるため、純度を上げる必要があると考えられる。

実験③

セルロースを溶かし出す過程で水酸化ナトリウム、硫酸、銅(重金属)といった有害な物質を使用していることに気づいた。環境負荷を小さくする方法を考え、銅アンモニアレーヨンで用いた物質を硫酸銅五水和物→酸化剤(オゾンや過酸化水素)、水酸化ナトリウム→炭酸ナトリウム、野菜→脱脂綿のように変更し、銅アンモニアレーヨンと同様の操作で実験を行った。オゾンの発生には誘導コイルと無声放電オゾン発生装置を用いた。

使用した薬品:過酸化水素、水酸化ナトリウム(6mol/L, 3倍希釈)

結果③

	炭酸ナトリウム
オゾン	脱脂綿が溶けた様子なし
過酸化水素	脱脂綿が溶けた様子なし

考察③

オゾンが酸化剤として機能しなかったと考えられる。

また過酸化水素から気泡が発生していたことから、自己分解反応をすることで酸素と水が発生したと思われる。

実験④

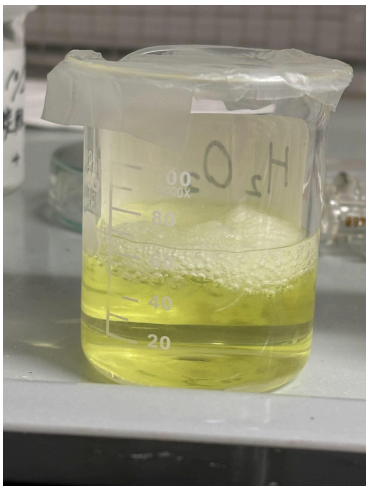
③の結果を受けて、炭酸ナトリウムを水酸化ナトリウムに戻して(炭酸ナトリウムだと塩基性が弱いと考え)、再度同様の実験を行った。また、銀鏡反応実験を行い、還元性の物質ができているか、すなわちセルロースにあるヒドロキシ基がホルミル基へと酸化されていることを確認する。

結果④

	水酸化ナトリウム
オゾン	脱脂綿の変色なし
過酸化水素	脱脂綿が黄変 

考察④

水酸化ナトリウム＋過酸化水素のビーカーに入れた脱脂綿が何らかの反応によって黄変したと思われる。



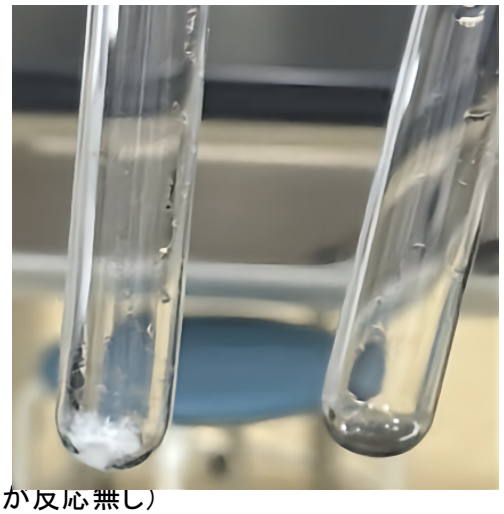
左図が黄色の色調が変化した溶液である（10日程放置）

実験⑤

④の結果を受けて、脱脂綿の黄変の原因がどの物質によるのかを確認するために、過酸化水素水溶液のみ、水酸化ナトリウム水溶液のみ、過酸化水素と水酸化ナトリウムの混合水溶液の3つの水溶液それぞれに脱脂綿を入れて銀鏡反応実験を行った。また、溶液をヨウ化カリウムデンプン試験紙に反応させ、酸化剤ができているのかどうかを確認した。

結果⑤

	水酸化ナトリウム＋脱脂綿	過酸化水素＋脱脂綿	水酸化ナトリウム＋過酸化水素＋脱脂綿
銀鏡反応	なし	あり →還元性	あり →還元性
ヨウ化カリウムデンプン試験紙	なし	あり →酸化剤がある	なし →酸化剤がない



右上図は銀鏡反応実験のサンプルである。（右が反応あり、左が反応無し）

考察⑤

実験から過酸化水素が還元性を示したため、セルロースは酸化されていない。また、セルロースの有無で時間により黄色の色調の変化が異なっていたため、何らかの変化が起こっている可能性があるが、原因は不明。

まとめ/今後の展望

・今後の展望としてセルロースが溶ける条件について引き続き探求する。
・また、他の酸化剤を用いる方法や、半合成繊維であるアセテート繊維として取り出す方法など　によって環境に負荷のかからない方法でのセルロースの析出を目指す。
　予定している酸化剤(塩素、次亜塩素酸など※環境負荷の少ないものが望ましい)
　アセテート繊維･･･無水酢酸、酢酸、濃硫酸を用いて作る繊維
・白色腐朽菌(リグニンを分解する菌)を用いた場合の実験結果の変化を調べる。

※リグニン･･･植物の細胞壁に含まれる成分で、セルロース抽出の際に接着成分が障害になると考えられる。

実際に白色腐朽菌を野菜に用いて研究を試みたが野菜が完全に腐ってしまい実験が行えない状態になったので実験方法の考案が必要である。

・また、水酸化ナトリウムに過酸化水素を加えた溶液に脱脂綿を入れたときと入れないときの黄変の違いについて考察する。

・最終的には廃棄野菜から環境に負荷のかからない方法でセルロースを析出することが目標である。

謝辞

担当教員の細谷先生、岸先生、加藤先生、小野寺先生の多大なるご尽力に心から感謝します。

引用文献

「銅アンモニアレーヨンの合成」
https://apec.aichi-c.ed.jp/kyouka/rika/kagaku/2018/koubunshi/douannmo/douannmo.htm

TEMPOセルロースナノファイバー
https://drive.google.com/file/d/1bWe6nRsARgutAdkb-EyTVFxaXbQZr1mk/view