

「でんプラ」の作成

～地球にやさしいプラスチックを目指して～

Creating of “DENPLA”

～Toward Earth-Friendly Plastics～

Abstract

To solve the problems of petroleum consumption and marine microplastic pollution caused by petroleum-derived plastics, we aimed to create a bio-based resin composed of starch. In this study, we were able to create a membrane composed of starch and carboxylic acid and to clarify its properties.

1. はじめに

近年、石油由来のプラスチックによる石油の大量消費や生分解されないプラスチックによる海洋マイクロプラスチック汚染問題が話題となっている。さらに、世界で年間 25 億トンにもおよぶフードロスも問題となっている。昨年度から私たちは、カニの殻に含まれる生体高分子であるキトサンとカルボン酸を用いて生物由来の樹脂を作成する研究を行ってきた。そこで、キトサンと構造のよく似たデンプンでも同様に作成できるのではないかと考え、デンプンからできたプラスチックを「でんプラ」と名付け、その実現を目標とした。

2. 研究方法

「でんプラ」を実現するためにまず本研究ではデンプンから膜を作成することを試みた。その後、作成した膜の性能について評価するため、膜の強度実験を行った。また、本研究の目的である「地球にやさしいプラスチック」を実現するために作成した膜に生分解性があるかどうかについての実験も行った。

《膜の作成》

デンプンを用いた膜について、さまざまな先行研究があった。中でも、「クエン酸とキトサンとデンプンからなる膜(文献①)」を参考にし、作成方法を検討した。この文献より「デンプンとカルボン酸のみ」でも膜が作成できるのではないかと考えた。まず初めに先行研究の再現実験を行った。

- ① 水 162ml、デンプン 0.81g(ブドウ糖単位で 0.5mmol 相当)、キトサン 0.705g(グルコサミン単位で 0.5mmol 相当)をビーカーに入れ、加熱しながら 30 分攪拌。
- ② クエン酸 1.92g を入れ、さらに 30 分攪拌。
- ③ 攪拌したものをシャーレに広げ、乾燥。

この方法で膜が作成できたため、本研究の目的である「デンプンとカルボン酸のみ」からなる膜の作成に着手した。

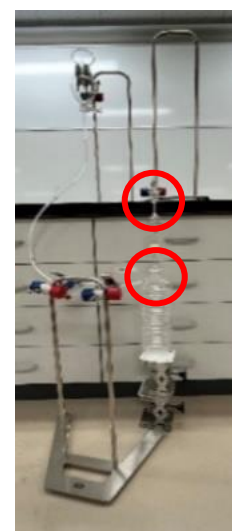
今回の実験では、先行研究で用いられていたトリカルボン酸であるクエン酸、カルボキシ基の数の変化による影響を調べるため、モノカルボン酸である酢酸、ジカルボン酸であるマロン酸、コハク酸の4つで実験を行った。作成方法は以下の通りである。

- ① 水 162ml、デンプン 1.62g(ブドウ糖単位で 10mmol 相当)をビーカーに入れ、加熱しながら攪拌。
- ② 1 の溶液にカルボン酸を定量(モノカルボン酸は 10mmol、ジカルボン酸は 5mmol)を加え、温度を保ったままさらに 30 分攪拌。
- ③ 攪拌した溶液をシャーレに広げ、乾燥。

一度作成した際、シャーレから剥がすために工夫を施す必要があると考え、4 通りについて検証した。乾燥のさせ方について、80°Cの乾燥機で 2 時間乾燥させたものと自然乾燥の 2 種類、シャーレに関してはオイルを薄く塗ったものと何もしていないものの 2 種類、合計 4 種類作成し、作成方法についても検証した。

《強度実験》

膜の作成の実験結果(表 1~4)、酢酸で作成した膜が最も有用性があると考えられたため(結果参照)、酢酸で作成した膜について強度実験を行った。また、酢酸を加えることによる強度の変化を調べるため酢酸を使用せずに「水とデンプンのみ」作成した膜や酢酸の量による変化を調べるため、酢酸の量を 0.25 倍・0.5 倍・1 倍・2 倍に変化させたものについても強度実験を行った。作成した膜を JIS 規格に則った形であるダンベル 6 号型に切り取り右写真のような装置を組み立てた。上の○の部分に切り取った膜をつるし、下の○の部分から少しずつ水を投入することで強度を測定した。



《生分解性》

作成した膜に生分解があるかどうかを確認するため「膜の作成」の際に作成した溶液を三角フラスコに入れ、常温で放置した。

4. 結果・考察

《膜の作成》

すべてのカルボン酸について 5 回ほど実験を行った。

表 1

酢酸	オイルあり	オイルなし
乾燥機	×	×
自然乾燥	○	○

表 2

クエン酸	オイルあり	オイルなし
乾燥機	×	×
自然乾燥	×	○

表 3

コハク酸	オイルあり	オイルなし
乾燥機	△	×
自然乾燥	△	△

表 4

マロン酸	オイルあり	オイルなし
乾燥機	×	×
自然乾燥	○	○

いずれのカルボン酸を用いても乾燥機に入れて乾燥させることで早く乾燥させることができたが、綺麗な平らな膜を作成することはできなかった。よって、乾燥のさせ方としては自然乾燥が一番適切であると考ええる。

また、カルボン酸の種類については、酢酸(写真 1)とマロン酸(写真 2)を比較的綺麗に作成することができた。クエン酸(写真 3)については、伸縮性のある膜を作成することができた。しかし、シャーレから剥がした後にしばらく放置しておくるとパリパリになり脆くなってしまった。コハク酸については膜が作成できたが、亀裂が入っているものが多かった。

写真 1



写真 2

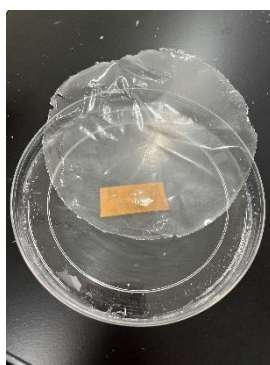


写真 3



写真 4



《強度実験》

表 5

	TS/MPa
水とデンプンのみ	27.6
酢酸 0.25 倍	34.0
酢酸 0.5 倍	27.5
酢酸 1 倍	25.3
酢酸 2 倍	20.2

単位は国際単位系 SI に則った MPa を用いて素材の強さを表す TS(テンシルストレングス)を算出。算出方法は以下の通り。
耐えた重さ(g)×9.8÷断面積(mm²)=[MPa/mm²]

酢酸の量によって強度が変化し、酢酸の量が増えるほど強度が落ちた。また、酢酸の量をデンプンの 0.25 倍にしたときについては酢酸を加えていないものよりも強度が向上した。

最も強度が大きくなる割合は、0.25 倍付近にあると考えられる。

《生分解性》

常温で一週間ほど放置するとカビが増殖していた。このことから生分解性があると示唆される。

5, 結論

本研究で明らかになったことは、デンプンとカルボン酸から生分解性のある膜が作成できることと、その膜はカルボン酸を加えていない膜よりも強度が向上するということである。これは今まで十分に確かめられておらず、化学的な面でも新たな知見である。今後は最も強度が強くなる酢酸の割合について探究していきたい。また、膜を作成することができたものの、今回強度実験を行わなかったマロン酸についても強度実験を行いたい。それを通じてカルボン酸を加えることによって強度が向上する条件について明らかにしたい。

6, 参考文献

- ① Hejun W, Yanlin L, Junyu L, Rui Z, Di X, Chun J, Rui X, Zhiqing Z, Guanghui S, Yuntao L, Shanshan L, Meiliang L; Food Hydrocolloids. December 2019. Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films
- ② 麻生 隆彬、徐 于懿、宇山 浩 2020/03/07 デンプンとセルロースから高強度・高耐水性の海洋生分解性プラスチックを開発