

# 「でんプラ」の作成

大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎

## 背景

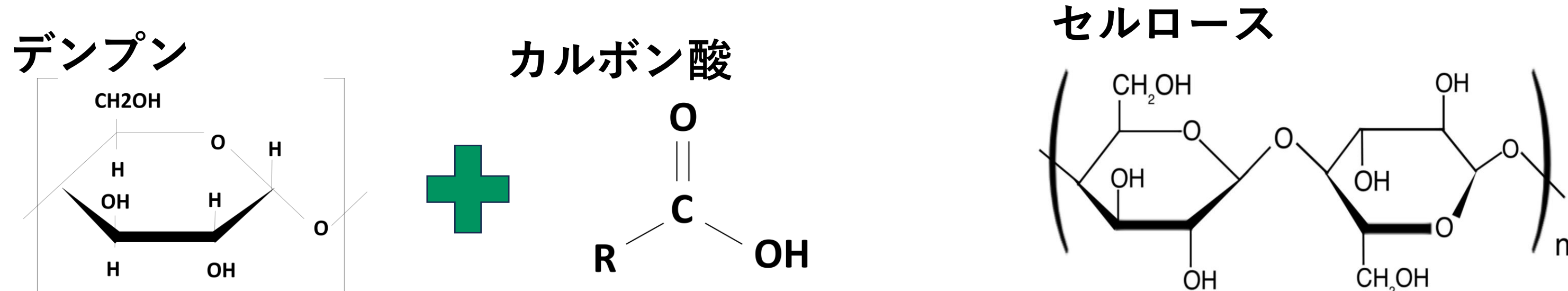
近年、生分解されない石油由来のプラスチックによる環境汚染問題や年間25億トンに及ぶ食品ロス問題が深刻化している。これらの問題を解決するため、デンプンを主原料とした自然由来かつ生分解されるプラスチック「でんプラ」の作成を行った。

## 目的

- ① カルボン酸に酢酸を用いた膜の引張強度が極大となるデンプンと酢酸のモル比を明らかにする
- ② ナノセルロースを添加した樹脂の作成
- ③ 「でんプラ」の生分解性の検証

## 原理

- ・デンプンとカルボン酸の水素結合により、膜ができる。
- ・ナノセルロースとは...  
セルロースを微細に解きほぐした物質。  
構造はデンプンと似ている。表面の性質がよく表れており、水素結合する。



## 実験1 酢酸添加膜の作成

### ① 「でんプラ」の作成

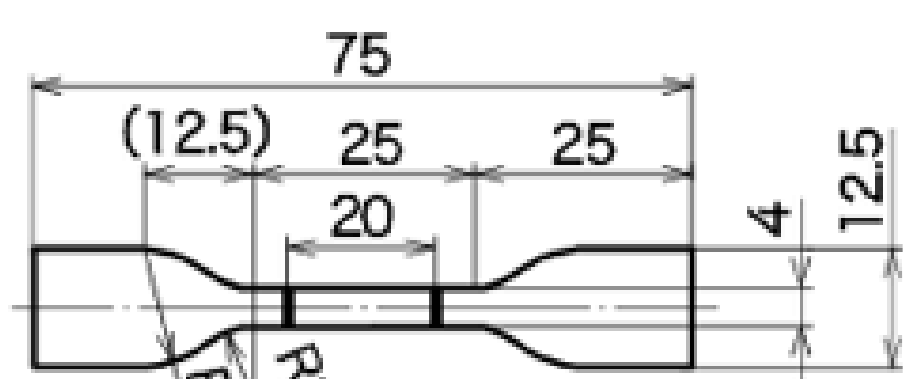
- 水162mlにデンプン1.62gを加え、70℃に加熱し35分間攪拌
- 酢酸を加え温度を保ったまま35分間攪拌
- シャーレに広げ自然乾燥

酢酸：1倍、1/2倍、1/3倍、1/4倍、1/6倍、1/7倍の分量を添加。  
(1倍：デンプン構成単位(ブドウ糖あたり)のモル数が等しい0.60(10mmol))  
デンプン量：ブドウ糖単位10mmol、デンプンの質量パーセント濃度0.5%。

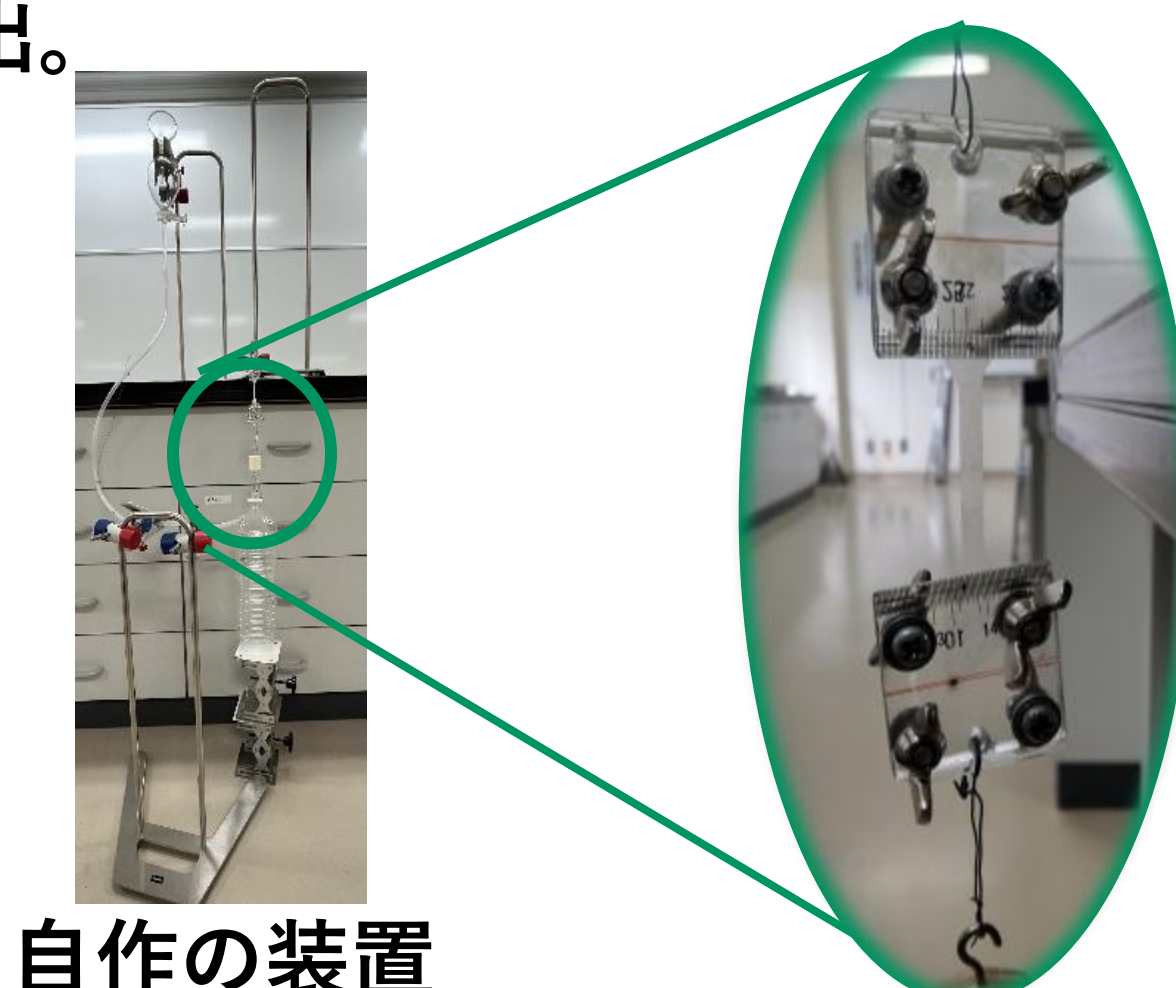
### ② 引張強度試験

- 作成した膜をJIS規格に則った形であるダンベル6号型に加工
- 自作の装置に吊るし膜が切れるまでに耐えることができる重りの重さを測定する
- 素材の強さを表すテンシルストレングスを算出する

単位は国際単位系SIに則りMPaを用いたテンシルストレングスを算出。  
膜が切れるまでに耐えた質量(kg)に重力加速度9.8 m/s<sup>2</sup>をかけニュートン表記とし、膜の断面積で割ることで1 m<sup>2</sup>あたりの引張強度とした。各割合において10回以上行い平均値を算出。



ダンベル状6号形

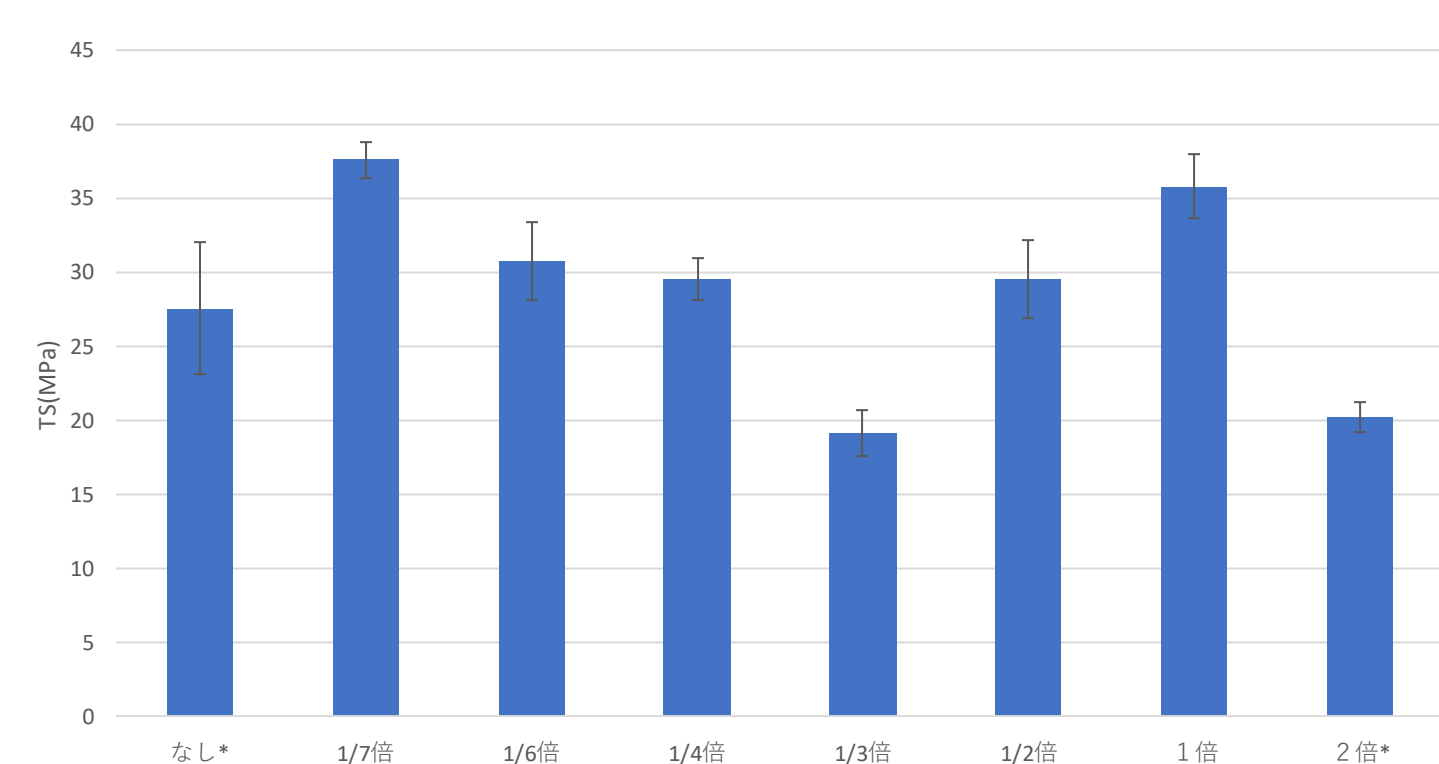


自作の装置

## 結果・考察1

結果：酢酸をブドウ糖単位あたり1/7倍モルで加えたときと等モルで加えたときの2つの場合で極大値。最も強度が大きくなったのは、1/7倍の割合で加えたとき。

考察：デンプンは直鎖状、分枝状のらせん構造からなっている。デンプンのらせん構造1巻きはブドウ糖単位6分子によってできていることから、1/6倍のとき酢酸1分子がブドウ糖単位のらせん1巻きを最も効率良くつなぐ役割をしている。分枝点のブドウ糖単位はらせん構造を作らず、分枝点付近ではブドウ糖単位と酢酸が6:1で対応することができないため酢酸の量が1/6倍よりもわずかに少ない1/7倍のとき強度が最も大きくなった。  
酢酸の割合が1倍のとき、ブドウ糖単位と酢酸が安定した状態になり、強度が大きくなった。

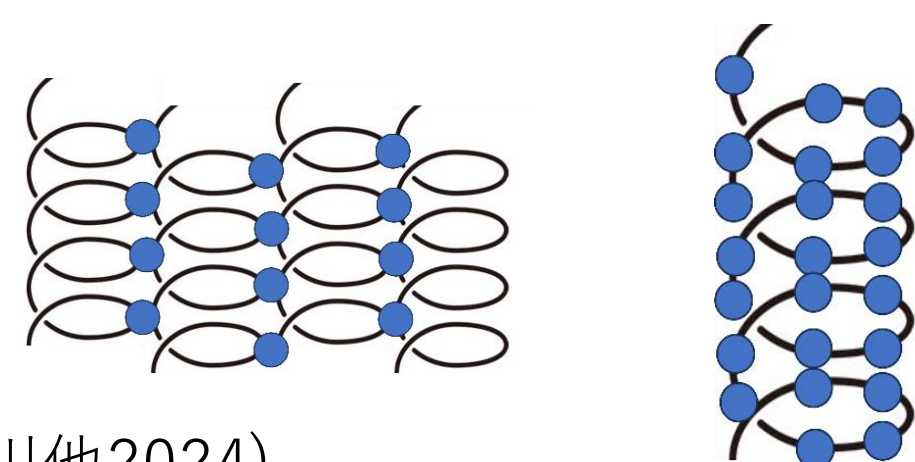


酢酸の割合とデンプン膜の引張強度

(各棒グラフ:n=10、エラーバー：s.e.)※昨年の研究より(北川他2024)



作成した膜



## 実験2 セルロース添加膜の作成

### ① カルボン酸とナノセルロースによる「でんプラ」の作成

- 水162mlにデンプン1.62gを添加し、70℃に加熱し35分間攪拌
- カルボン酸0.15g(10mmol)とナノセルロースを加え温度を保ったまま35分間攪拌
- シャーレに広げ自然乾燥  
ナノセルロース10mmolである45gを1倍とし、1倍と1/4倍の分量を添加したものを作成。また、カルボン酸はアジピン酸とグルタル酸の2種類を使用。

### ② iiiの自然乾燥の方法を変化させた膜の作成

### ③ グラニュー糖を添加した膜の作成

- ① i にグラニュー糖0.08g(デンプンに対して3%)を添加し、②と同様の方法で膜を作成
- 以上と同様の実験方法で添加物を変化させ膜を作成  
・デンプンのみ・デンプン+ナノセルロース・でんぶん+グラニュー糖  
・デンプン+カルボン酸・デンプン+グラニュー糖+カルボン酸  
・デンプン+ナノセルロース+カルボン酸・デンプン+ナノセルロース+グラニュー糖・デンプン+ナノセルロース+グラニュー糖+カルボン酸

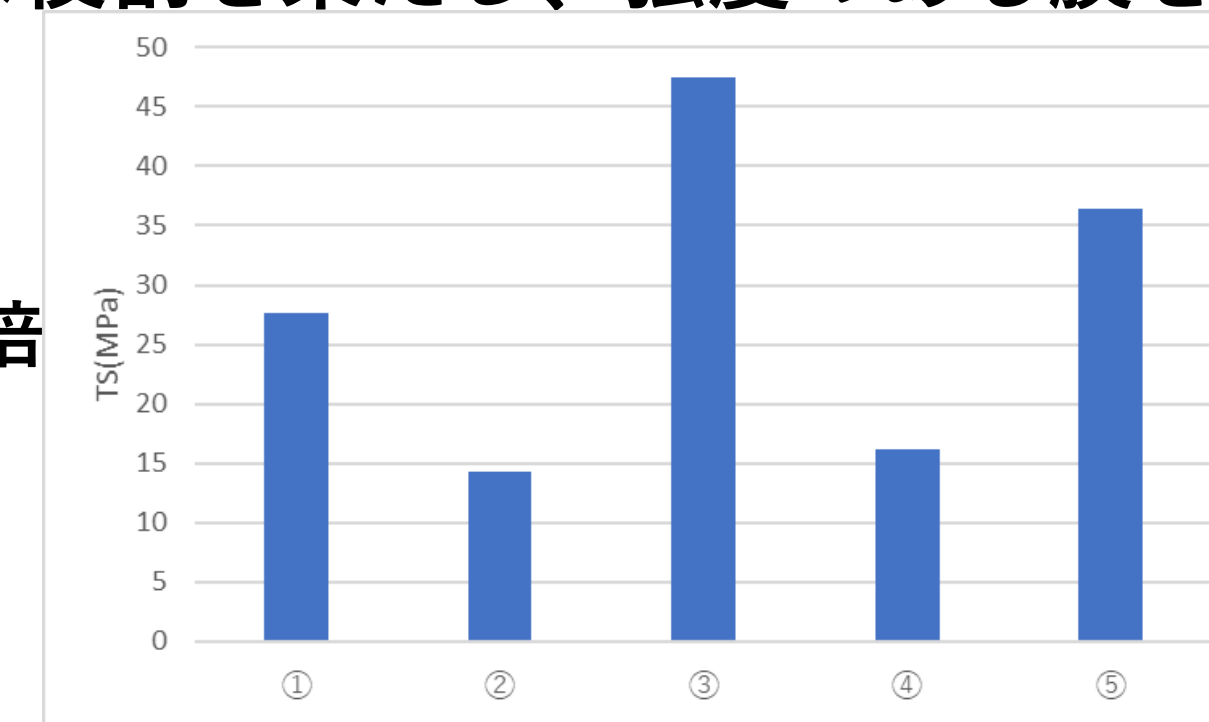
### ④ 引張強度試験

実験1と同様の方法で実施

## 結果・考察2

- カビの発生：原因は乾燥方法の問題。  
・グルタル酸：カビ多 アジピン酸：カビ少  
考察：pHが関係。低pHほど抗菌力が高くなるため、pHが低いグルタル酸で作成した膜の方がカビが発生しにくい。  
・ナノセルロース4分の1倍：脆い膜 1倍：綺麗な膜
- アジピン酸：強度なし。脆く剥がすことができなかった。  
表面に結晶化したような跡  
・グルタル酸：強度あり。表面がザラザラしていた。
- グラニュー糖を添加したことで白濁を防ぐことができた。
- 考察：ナノセルロースがのりのような役割を果たし、強度のある膜を作成することができた。

- デンプンのみ
- デンプン+グラニュー糖+グルタル酸
- デンプン+グラニュー糖+ナノセルロース1倍
- デンプン+グラニュー糖+グルタル酸+ナノセルロース4分の1倍
- デンプン+グラニュー糖+グルタル酸+ナノセルロース1倍



添加物別のデンプン膜の引張強度

## 実験3 生分解性の検証

酢酸1/6倍の「でんプラ」を網目状のネットに入れたものを常に湿潤な土壌の深さ約20cmの場所に埋め6/1~8/17までの期間経過を観察。

## 結果・考察3

結果：1ヶ月後もろくなり、膜の表面が凸凹。茶色に変色。  
考察：微生物による分解。



## 参考文献

1. Hejun,Wu.,Yanlin,Lei.,Junyu,Lu.,Rui,Zhu.,Di,Xiao.,Chun,Jiao.,Rui,Xia.,Zhiqing,Zhang.,Guanghui,Shen.,Yuntao,Liu.,Shanshan,Li., & Meiliang,Li.(2019). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. Food Hydrocolloids,97.
2. 麻生 隆彬・徐 于懿・宇山 浩(2021).でん粉を基盤とした高強度・高耐水性の海洋生分解性複合フィルムの開発 砂糖類・でん粉情報,3,47-53.
3. 麻生 隆彬・徐 于懿・宇山 浩(2020).工学研究科発デンプンとセルロースからなる高強度・高耐水性の海洋生分解性複合シート 大阪大学工業会誌,589,6-9.
4. 西山 昌史(1995).セルロースとキトサンの複合化による生分解性プラスチックの開発 紙パ技協誌,49,4,671-685.