

## 誰もが持ち運びやすい土のうの開発& 糶殻から高吸水性ポリマーの合成への 挑戦

岡山県立玉島高等学校  
土のう開発部

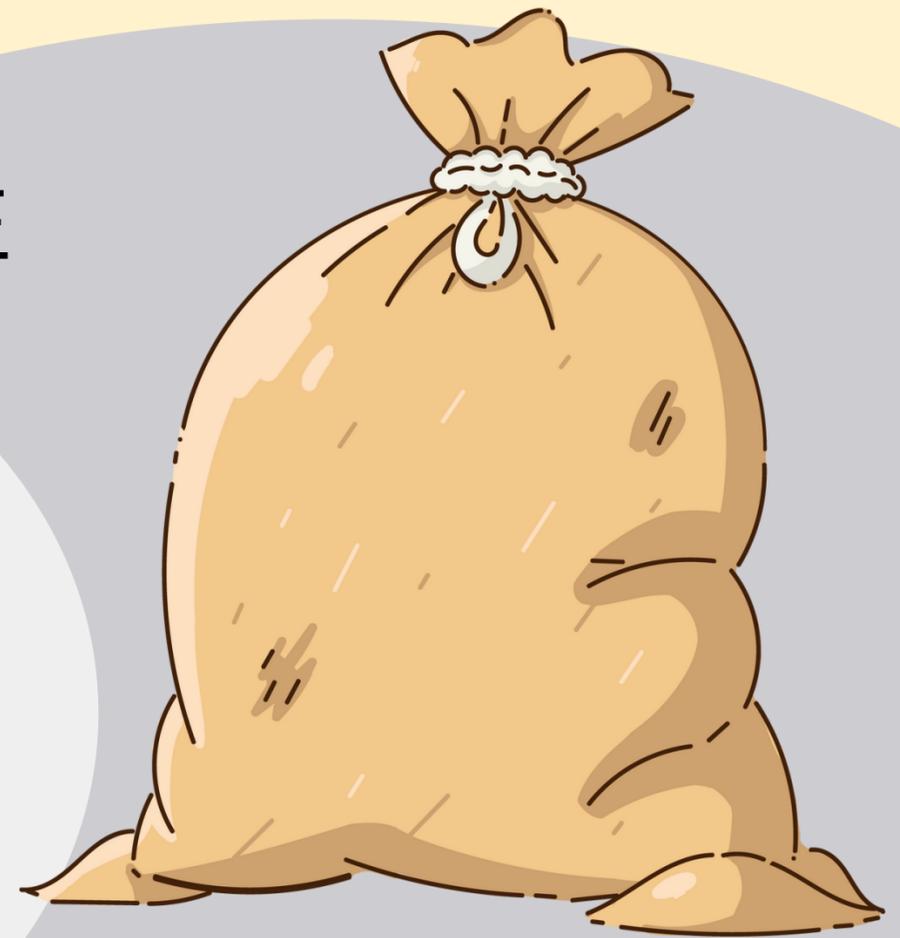
# 水害時の被害ゼロを目指して

～環境に配慮した  
軽量化土のうの開発～

岡山県立玉島高等学校 理数科2年生

西壮太 岸和輝 岸野蓮央

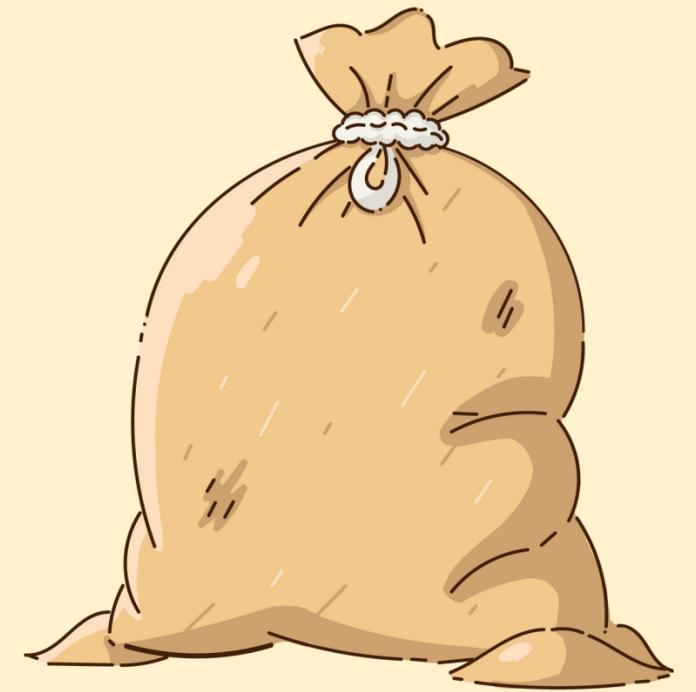
塩見寛貴 平野海虎 岡本吏功



# 研究の動機・目的

## 現在の「土のう」の問題点

- 重量が大きい (約 30 kg)
- 水が浸透する
- 片付けが大変



これらの問題点を解決するため

①誰もが持ち運びが容易にでき、

災害時に水をせき止めることができる

「土のう」を作成する。

②使用後に自然分解する土のうを作成する

**STEP①**

**混合土のう**

# 土のう(土)

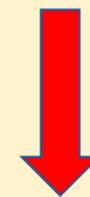


低コストで製作可能  
汎用性がある



重量が重い  
設置に時間がかかる

# ポリマー土のう



軽量でコンパクト  
準備に時間がかからない  
水が浸透しにくい



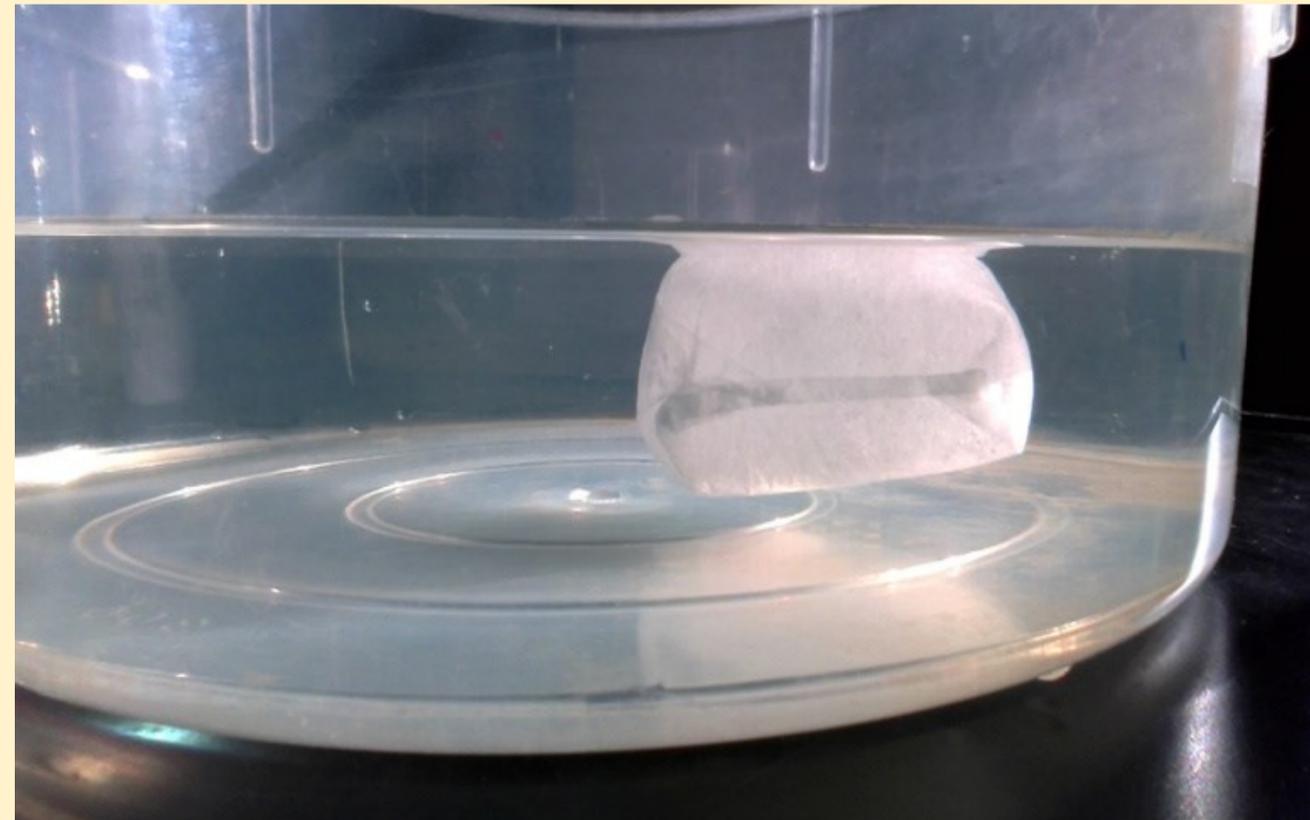
密度が小さい  
水流に流される可能性がある

メリット

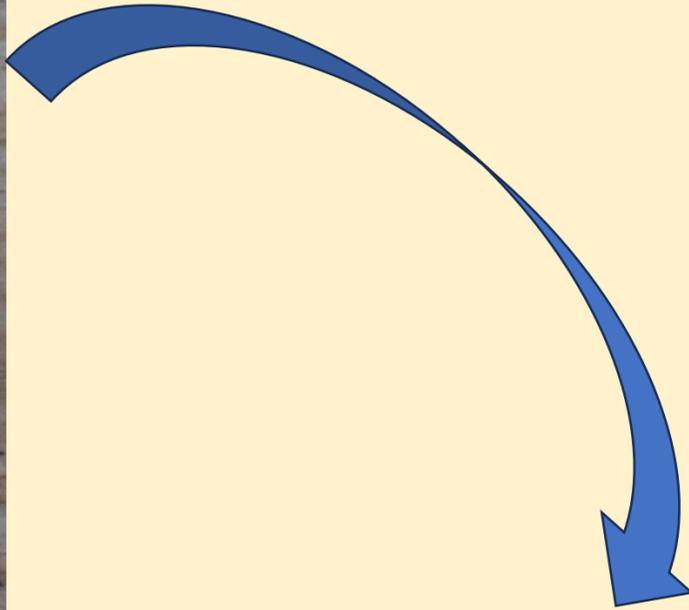
デメリット

# 両方のメリットを合わせた 「混合土のう」

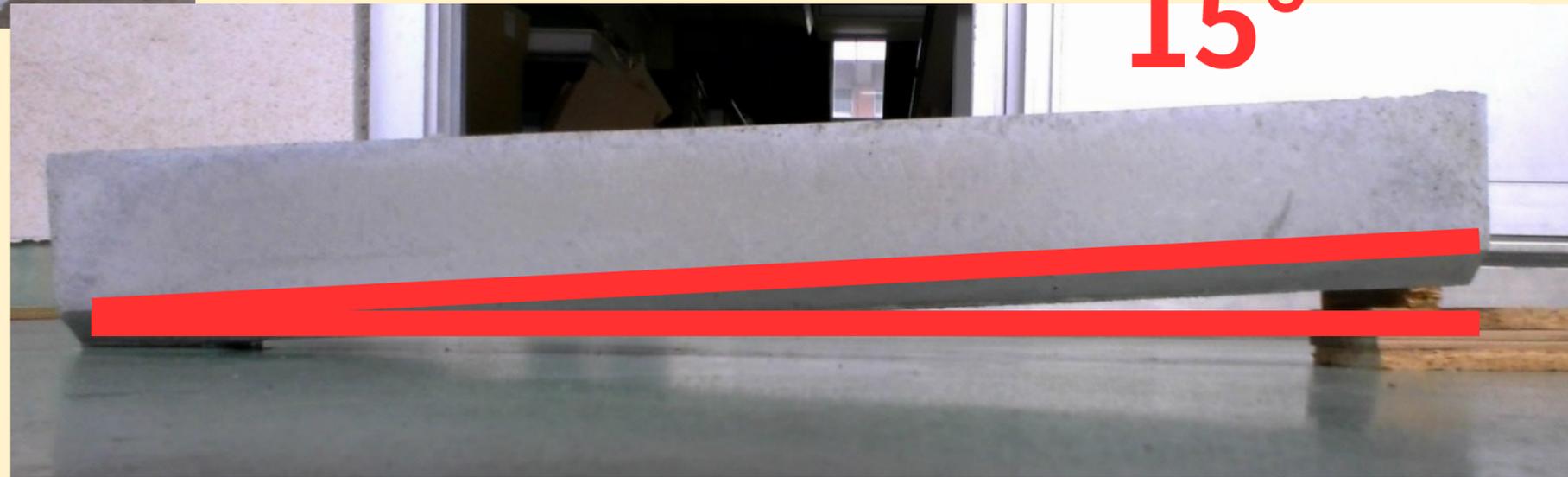
吸水性ポリマーは土のうは販売されている。が、吸水したポリマーと水の密度がほぼ同じ(1.0g/cm<sup>3</sup>)であるため、水に浮く可能性が高い。  
吸水性ポリマー土のうに土を混ぜることで質量を増加させ、水に浮くのを防ぐ。



**【実験】**  
吸水性ポリマーの量と浸透するまでの時間を計測



$\theta =$   
 $15^\circ$



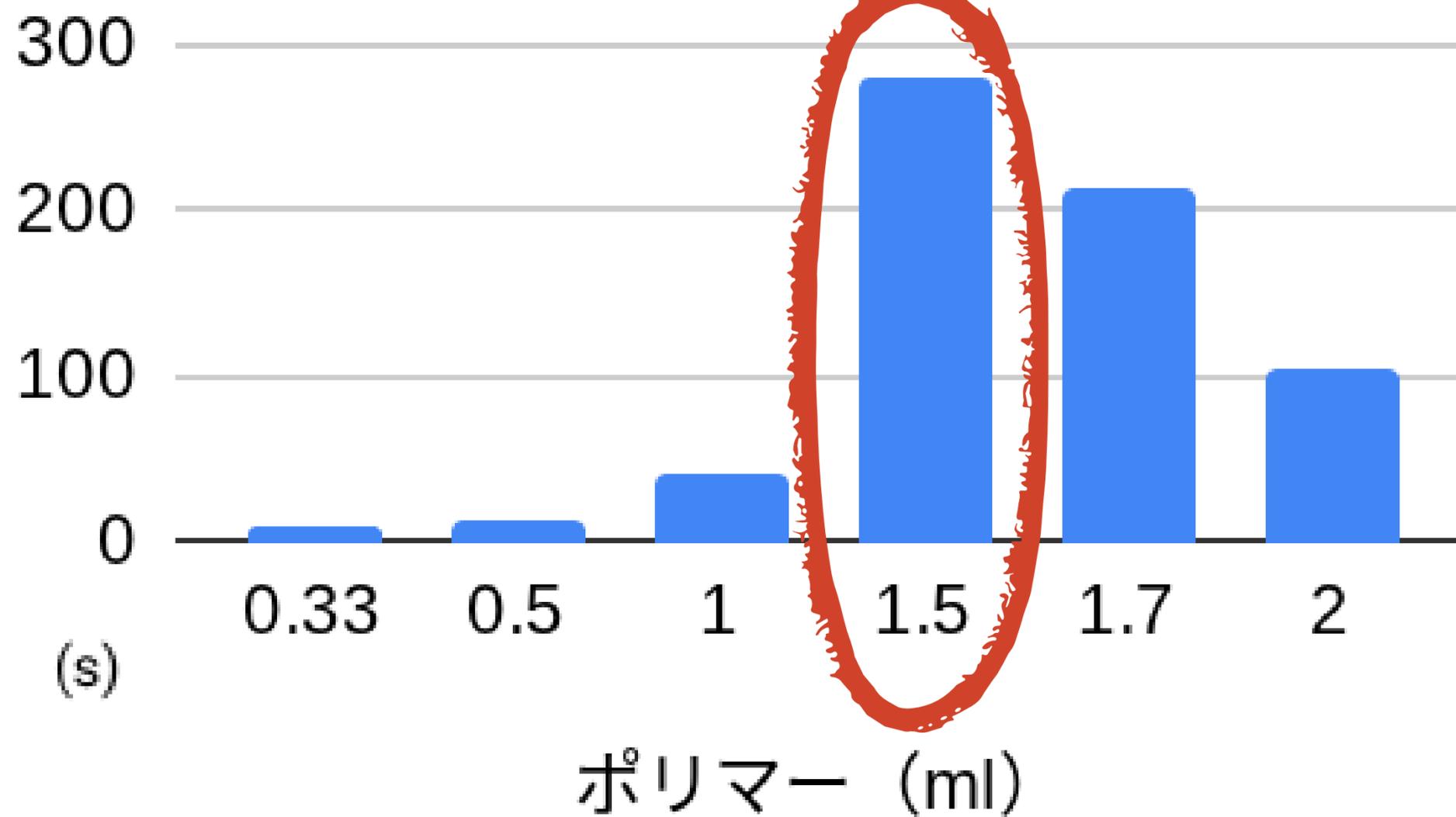
# 上から見た 様子



水の流れ

## 実験結果

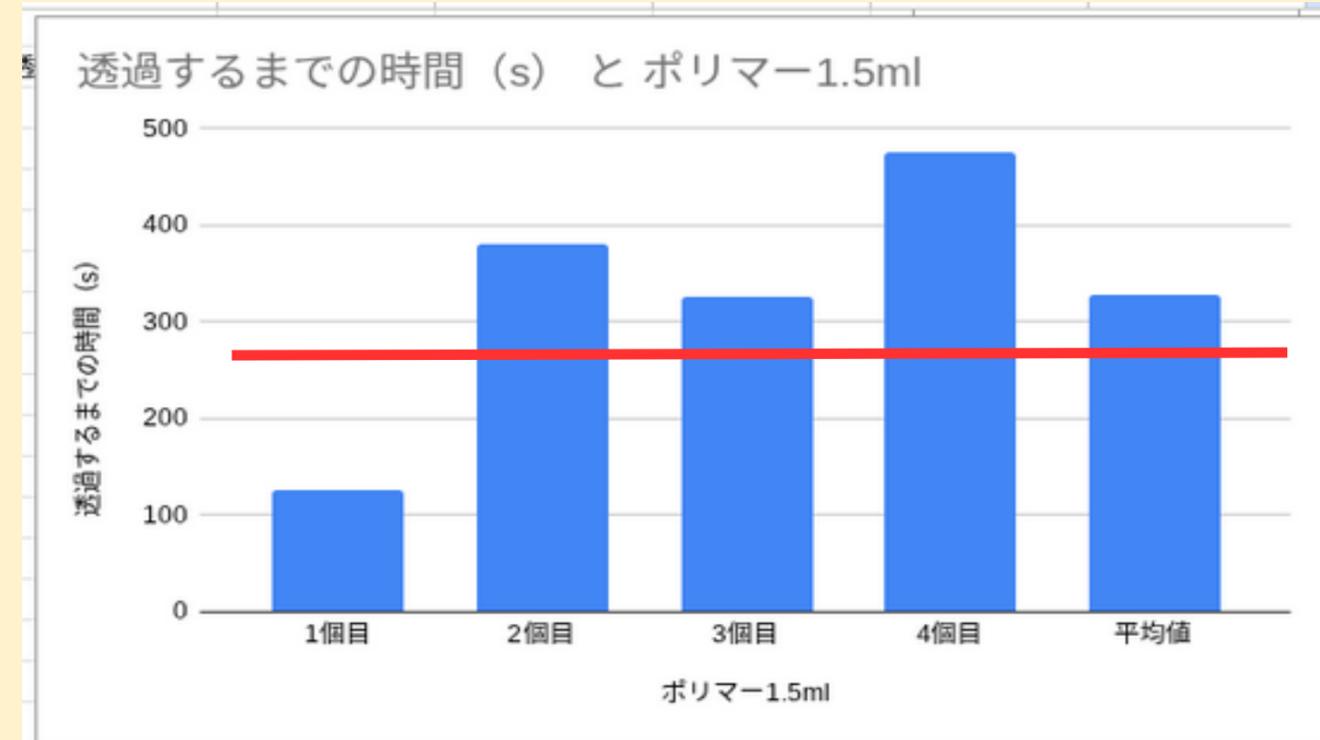
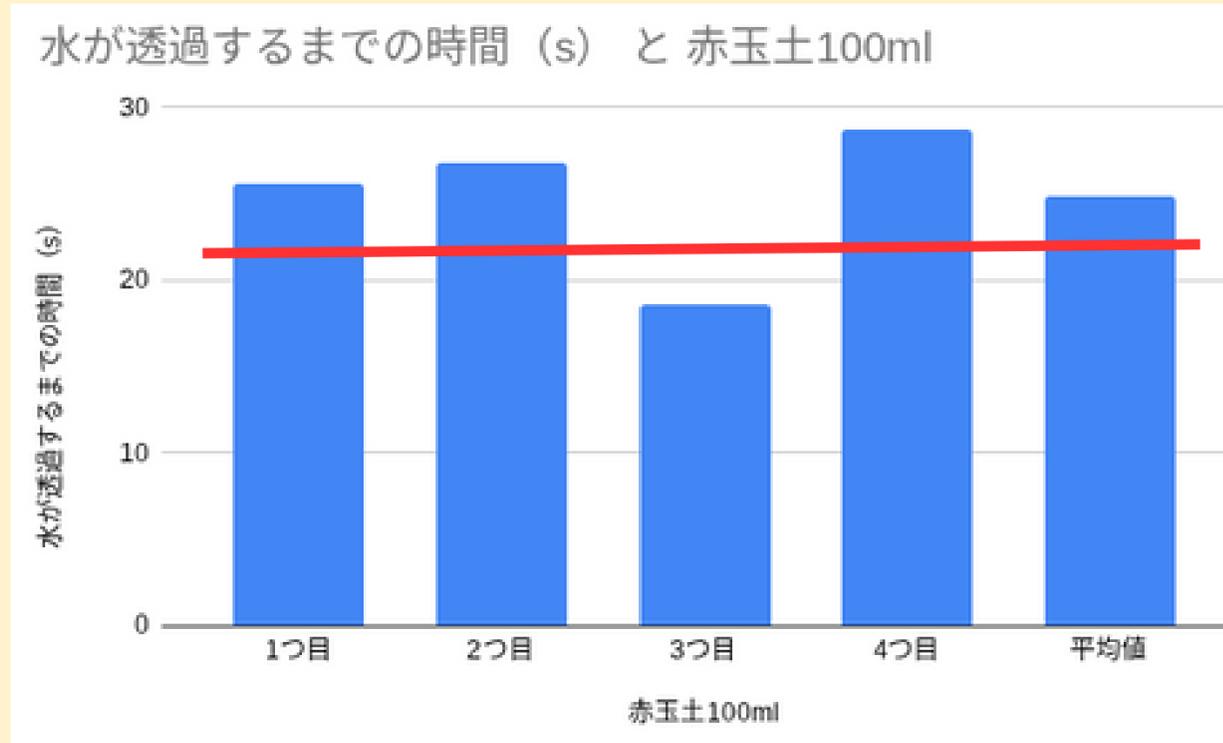
### 吸水性ポリマーの量と浸透するまでの時間の関係



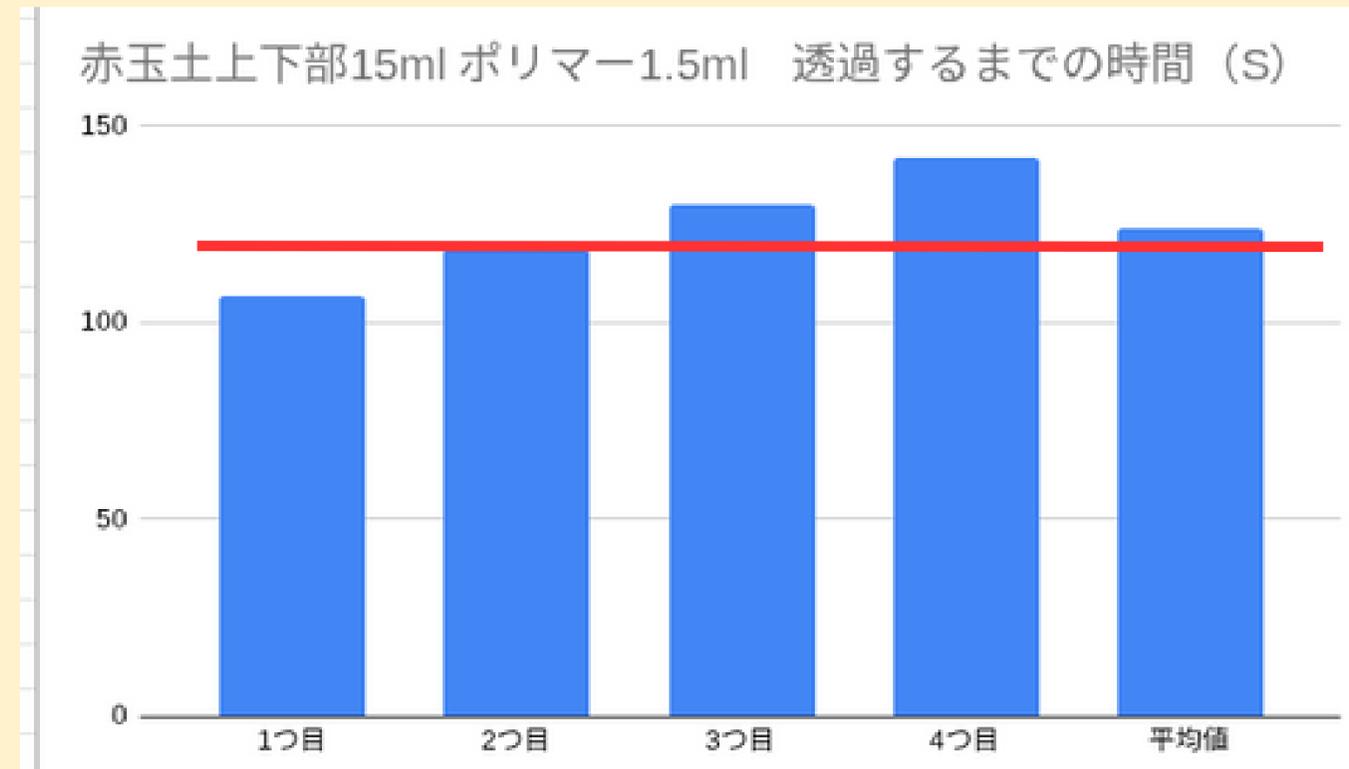
# 実験結果

土のみ

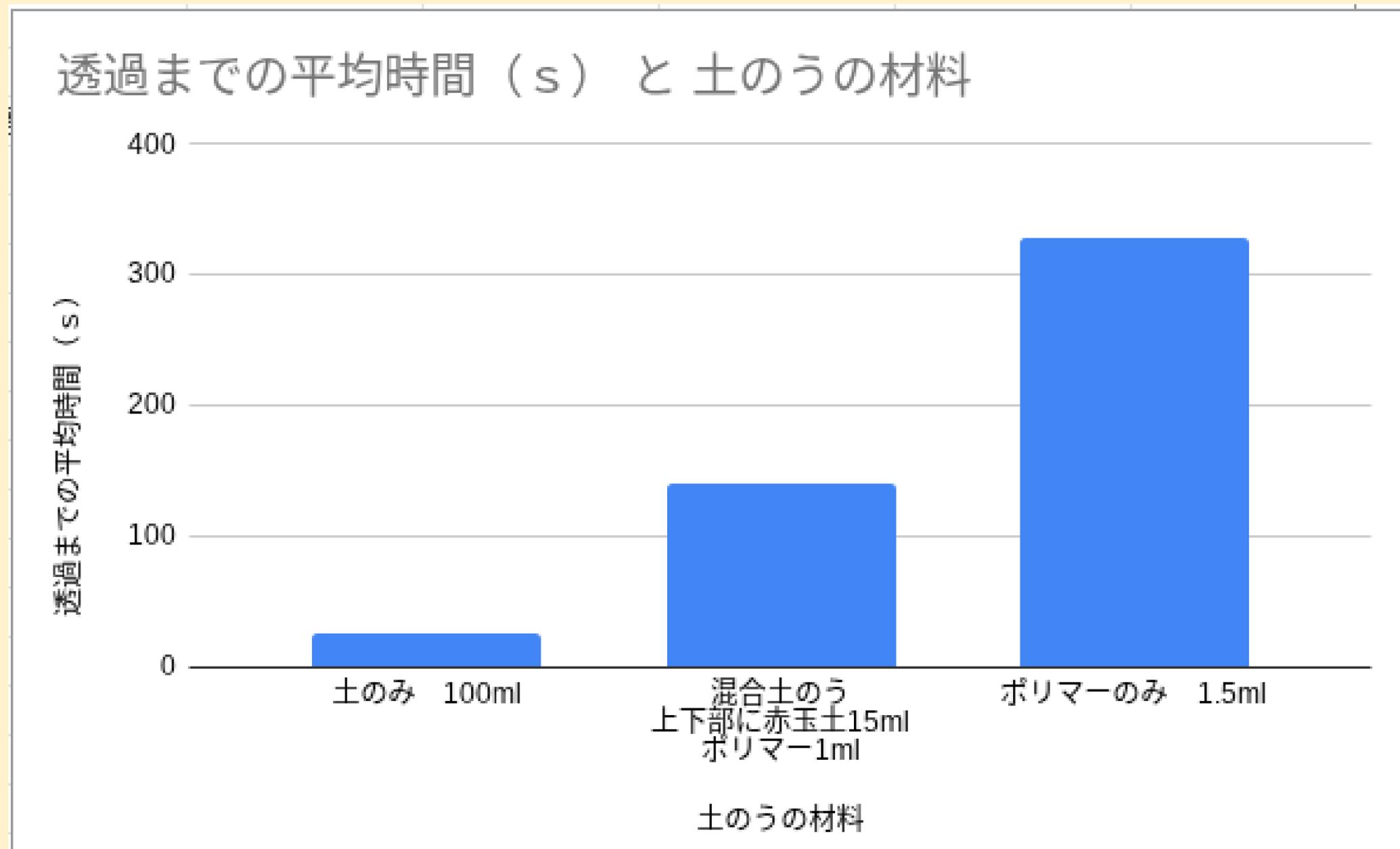
ポリマーのみ



混合  
土のう



# 比較実験の画像(グラフ)



# 成果

≡ 一般土のう : ±100ml [約100 g]



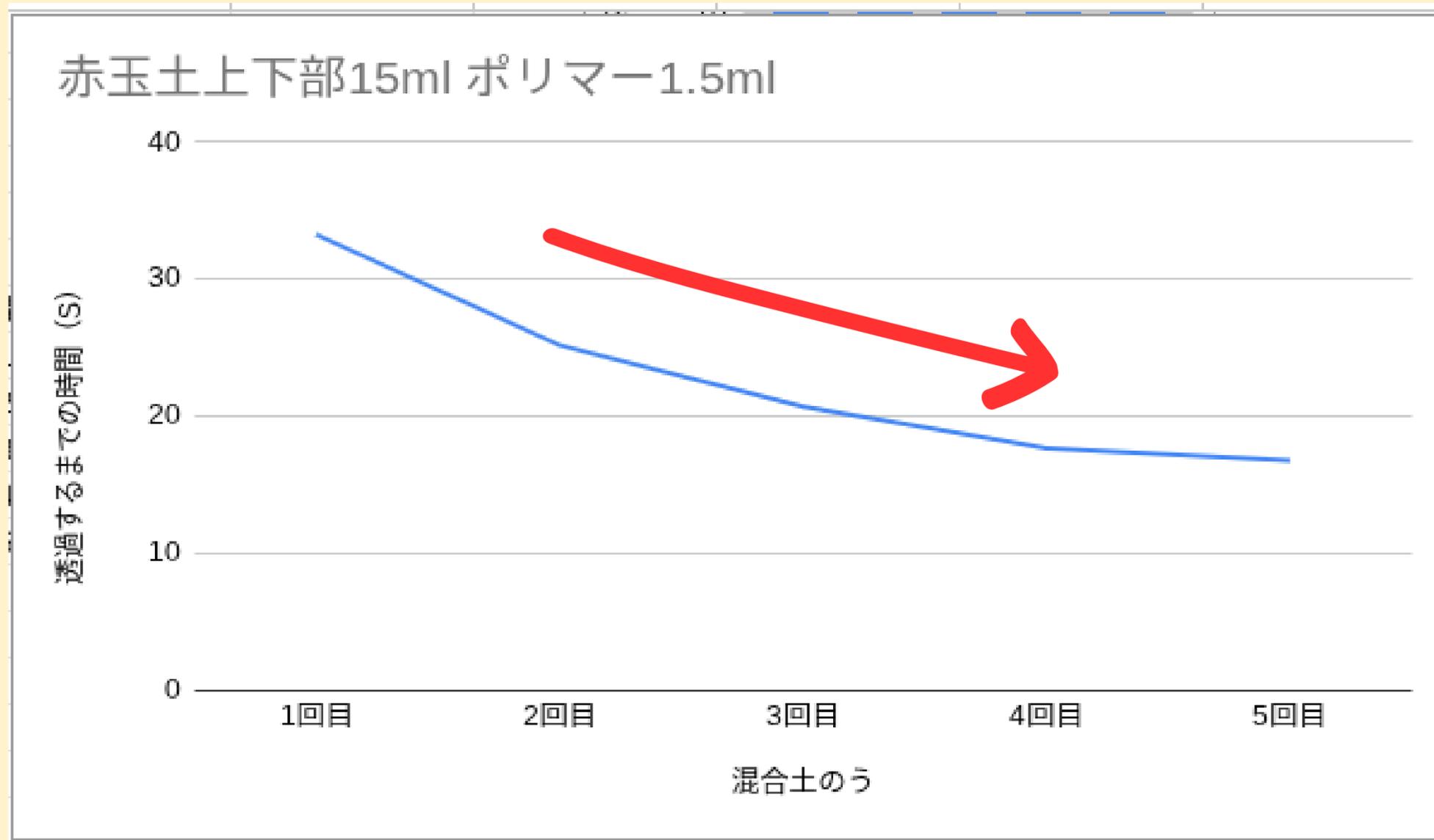
≡ 混合土のう : ±30ml + ポリマー1ml [約30 g]



# 混合土のうの再利用性について

- ①使用した土のうを一週間乾燥させる
- ②水に1分間浸し、再吸収
- ③透過度実験を行う
- ④透過時間の平均を求める

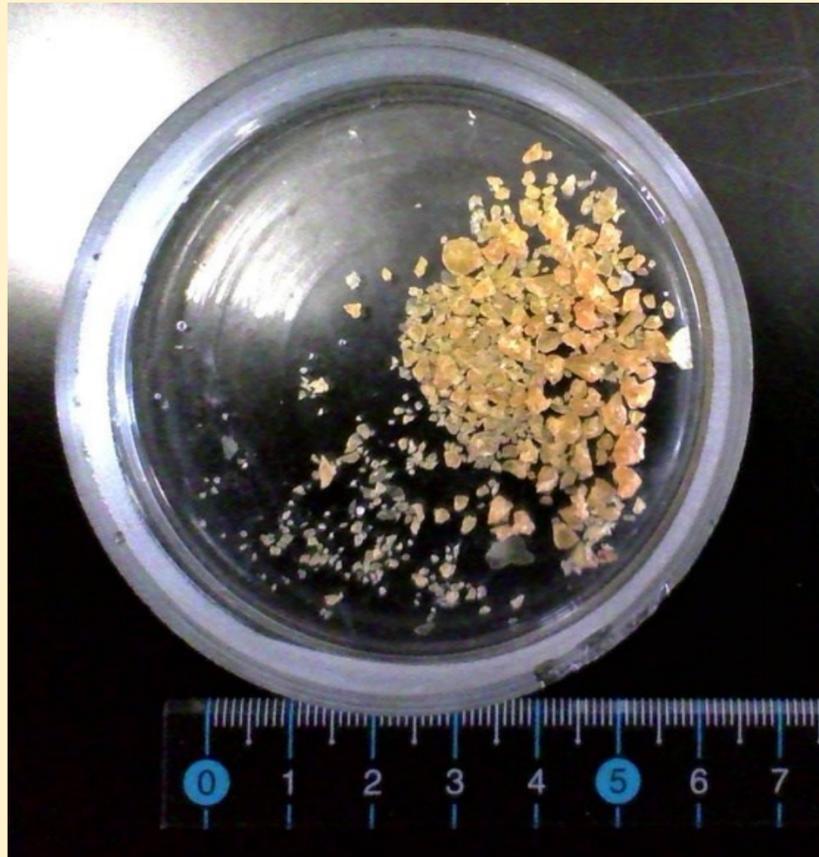
# 実験結果(再利用性について)



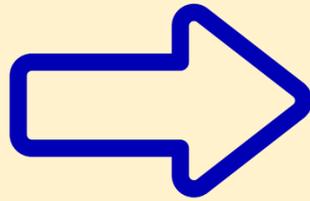
再利用のデメリットを解消するには？

# 使用後は自然分解される

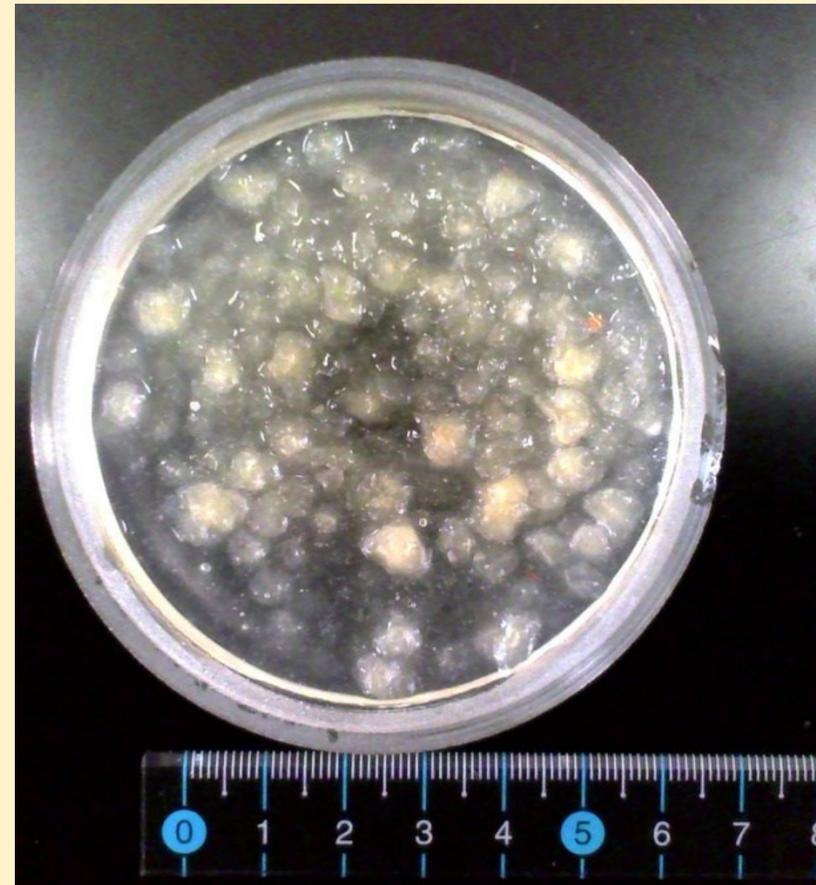
## 植物性ポリマーを使用してみる



吸収後



1時間後



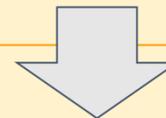
**STEP②**

**自然分解する**

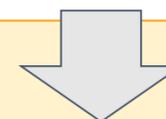
**吸水性ポリマー**

# もみ殻からの高吸水性ポリマーの合成に挑戦

- もみ殻の年間排出量：約200万トン
  - ・ 内、**3分の1が有効利用されていない**
  - ・ 廃棄時に高温で燃焼すると人体に有害な結晶性シリカが析出
- セルロース系の吸水性ポリマー合成の課題研究(本校理数科生)
  - ・ もみ殻を使ったが自重の約10倍の吸水量



もみ殻から取り出したセルロース(もみ殻セルロース)を用いて、  
昨年の研究より吸水力の高いポリマー(**もみ殻ポリマー**)を合成



携帯トイレや土のうなどの防災資材への活用

# もみ殻とは

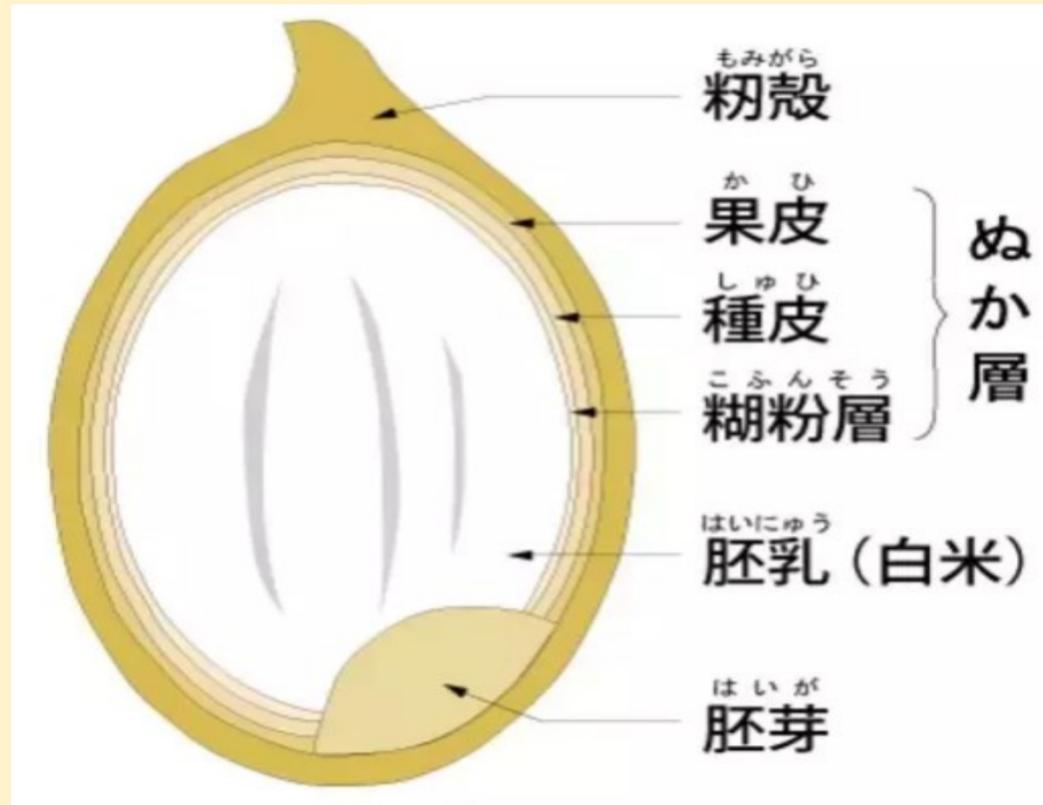


図1 稲の籾(もみ)の模式図

([https://destin.jp/product\\_silitan.html](https://destin.jp/product_silitan.html) より引用)

- ・ 稲の籾(もみ)を包んでいる外皮
- ・ 土壌改良材や家畜の敷料などに利用

〈もみ殻に含まれる主な物質〉

- ・ シリカ：植物の細胞壁を強化する役割  
(約15~20%)

- ・ リグニン
- ・ ヘミセルロース
- ・ セルロース

植物の細胞壁の主成分  
(約70~75%)

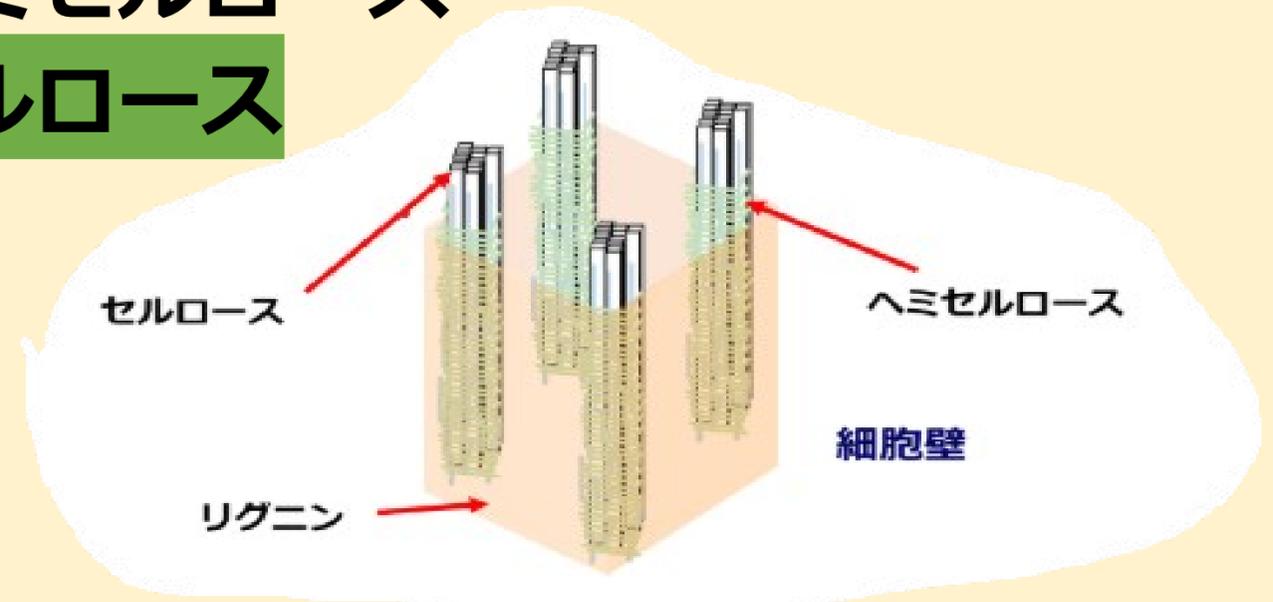


図2 植物の細胞壁の模式図

(<https://web.tuat.ac.jp/~plant-biomass-chem/fundamental%20of%20lignin.html> より引用)

# 高吸水性ポリマーとは

- 自重の100倍以上の水を吸収しゲル化する高分子
- 紙おむつ, ペットシート, 携帯トイレ等
- $H_2O$ に触れるとイオン化し, 高分子鎖中のイオンどうしの電気的な反発により高分子の網が拡大  
→広がった網に $H_2O$ が閉じ込められる

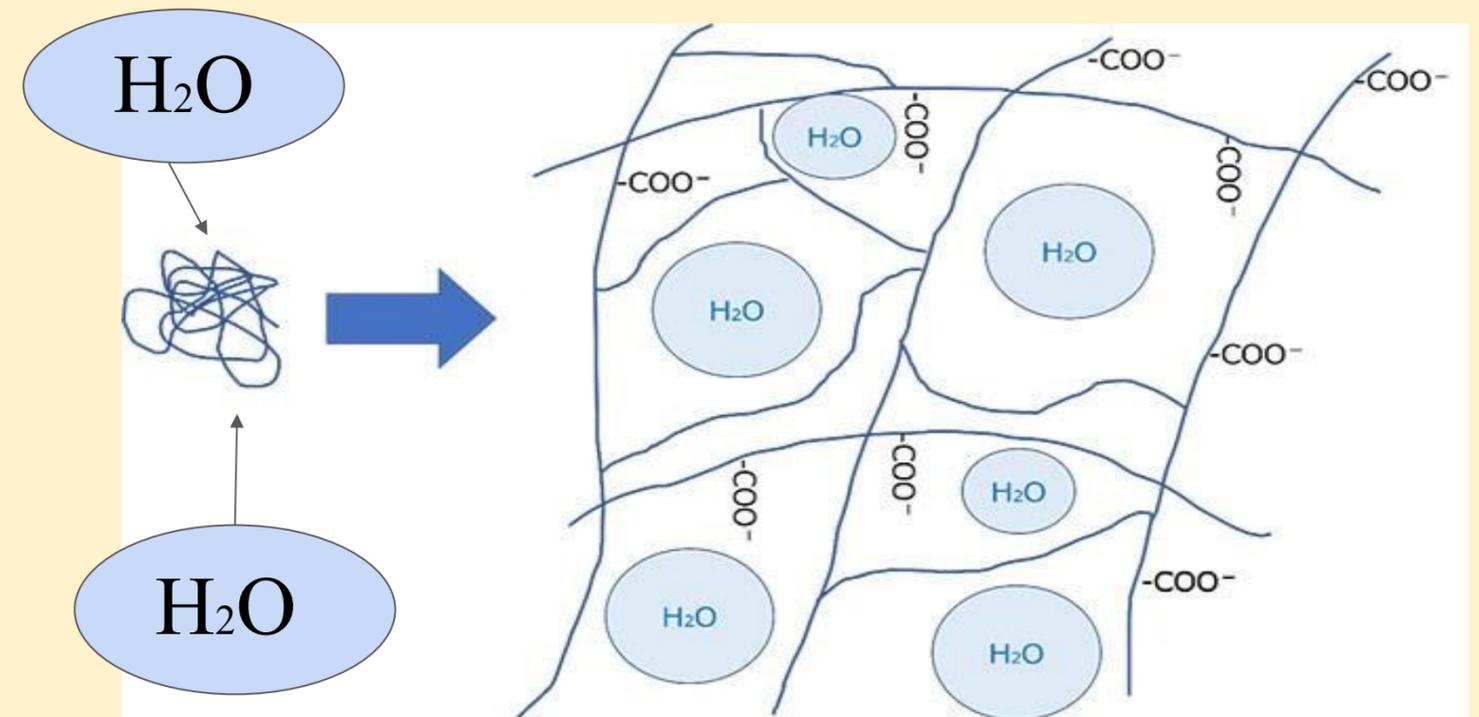


図3 高吸水性ポリマーの吸水のしくみ  
(模式図)

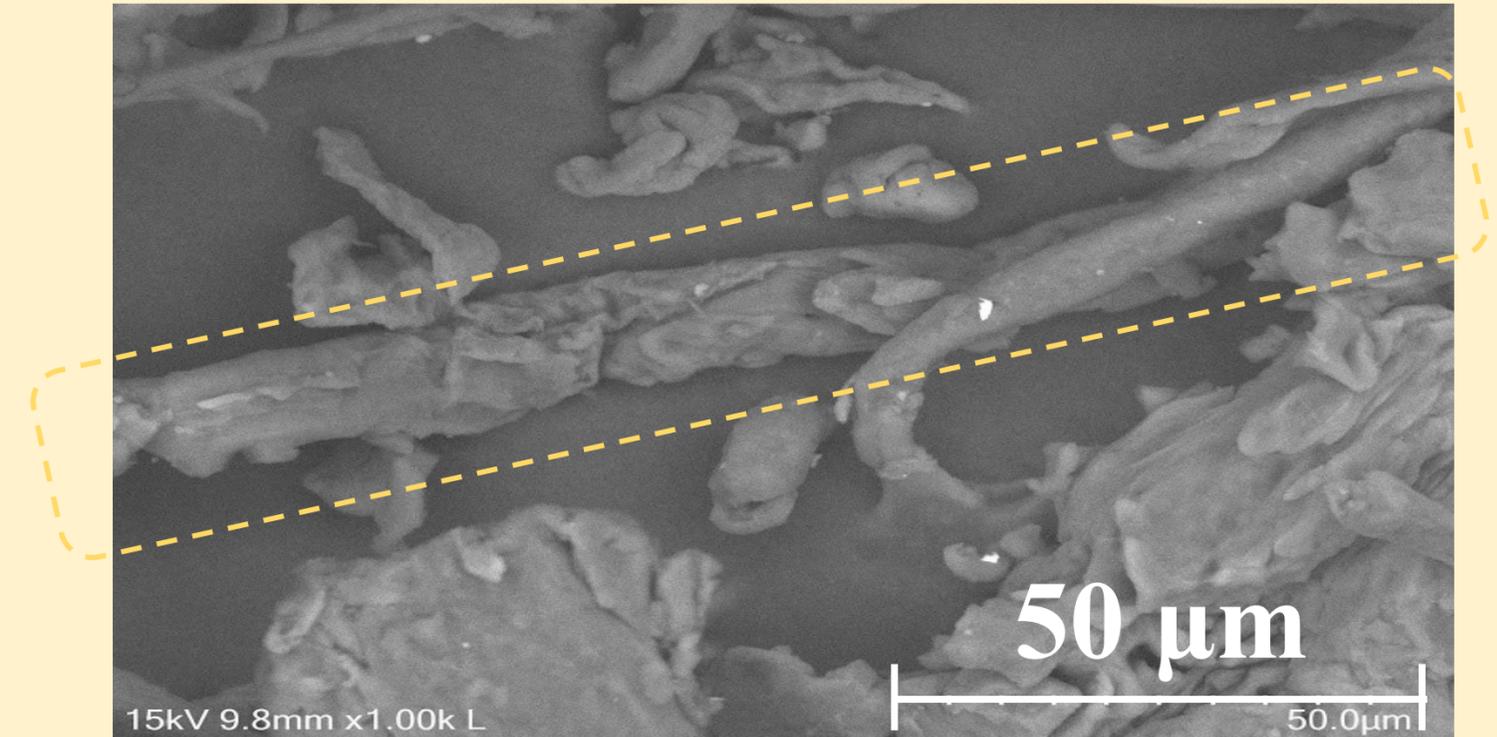
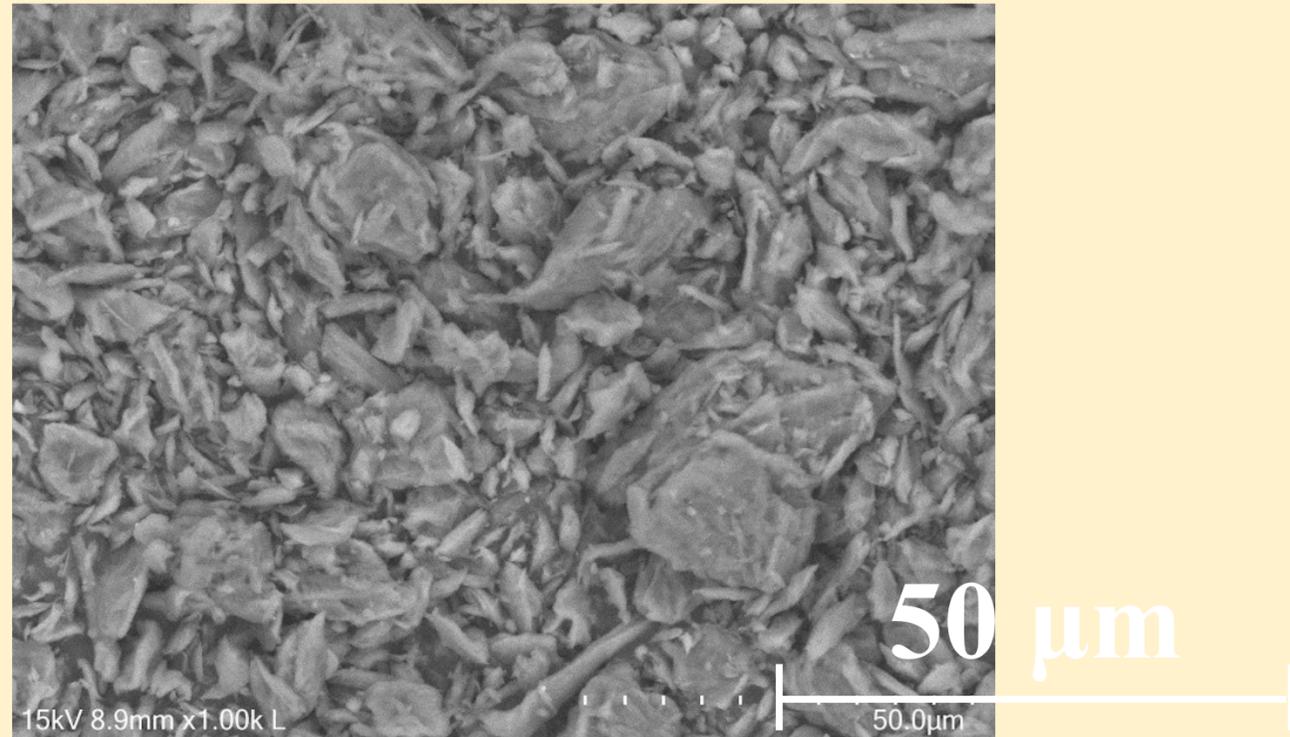
引用: 高吸水ポリマーとは? その特徴や用途について詳しく解説! 岡畑興産株式会社吉江

# 実験1：結果 電子顕微鏡写真(倍率1000倍)

微結晶セルロース



もみ殻セルロース



微結晶セルロースより長く大きな凝集物を確認

# 粉末X線回折(XRD)とは

- ▶ 表面を平らに成形した試料にX線を照射し，得られた回折パターンから物質の種類や結晶構造を解析する手法

結晶質

非晶質(アモルファス)

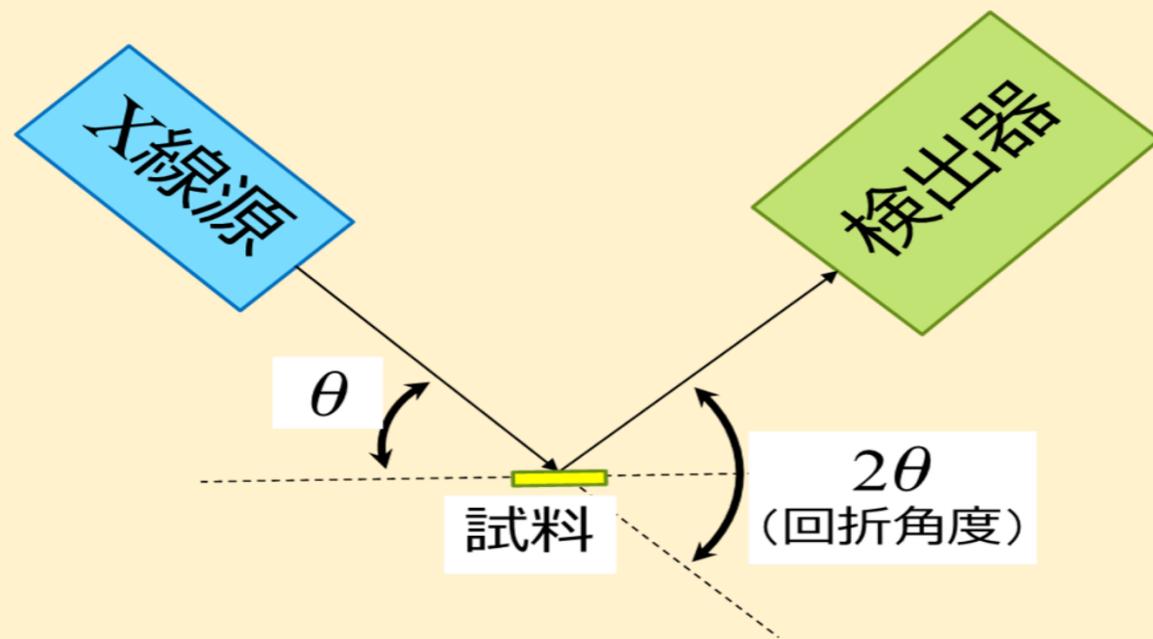


図4 粉末X線回折装置の模式図

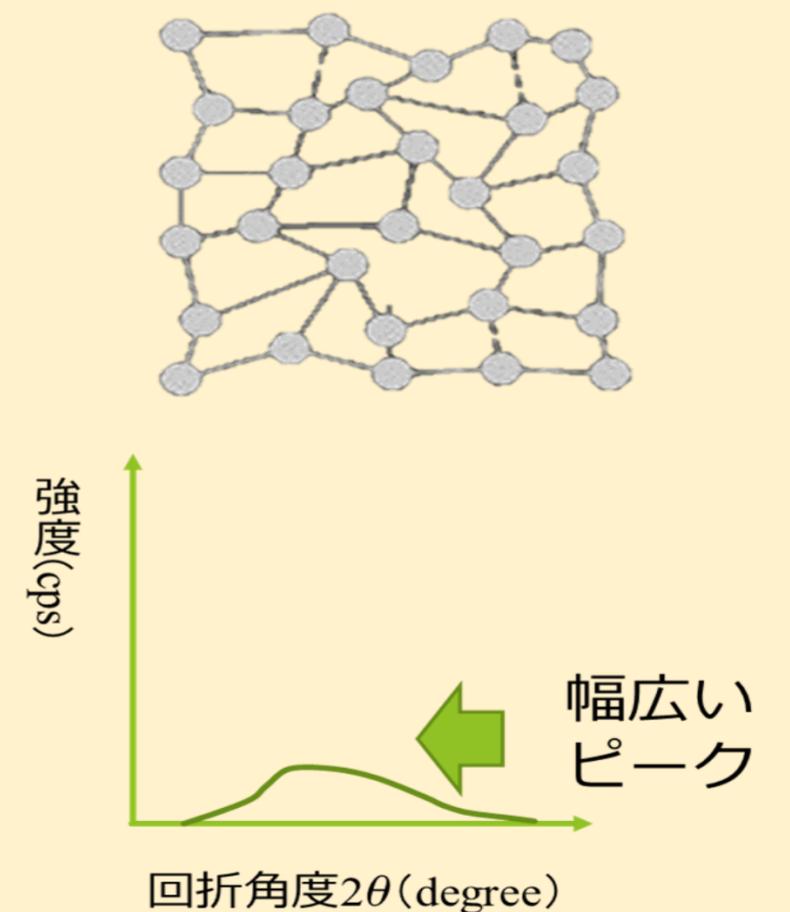
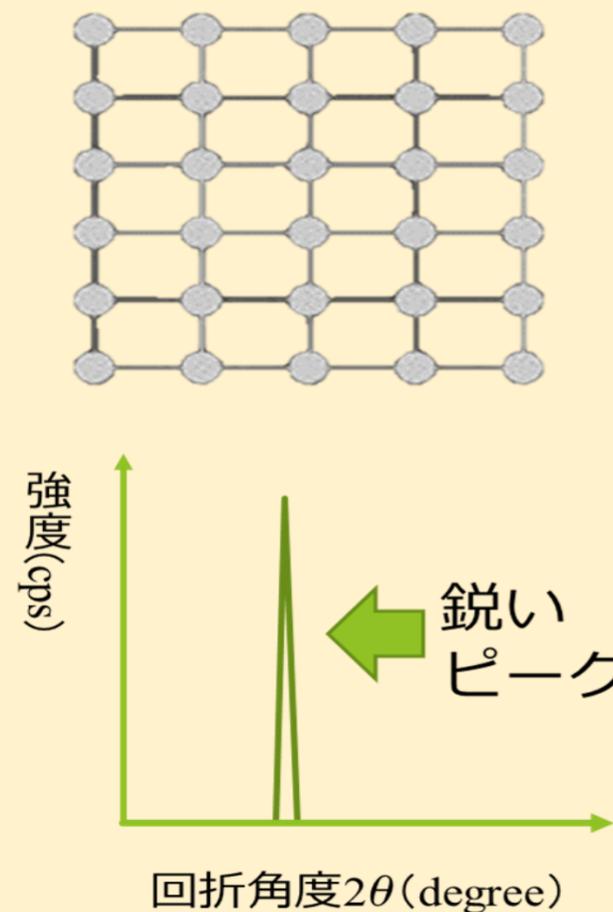


図5 結晶質と非晶質の回折線の比較

# 実験 1 : 考察

- もみ殻を化学処理することで、**細長い凝集物が確認**でき、**微結晶セルロースのXRD回折パターン**に少し近づいた。

⇒もみ殻から**幾分かシリカや**

**リグニンが除去されたのではないか**と考えた。

- XRDにおいて、非晶質シリカとセルロースのピークが現れる回折角がほぼ等しいため、**もみ殻からセルロースのみを完全に取り出せた**と断言することはできない。

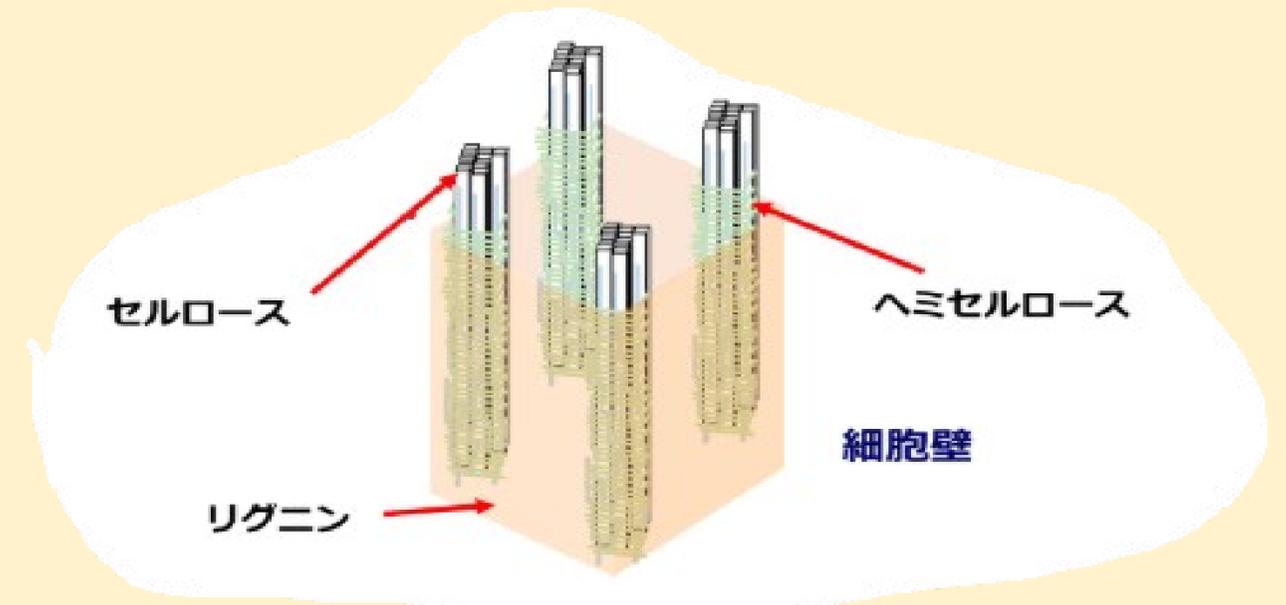


図 2 植物の細胞壁の模式図

(<https://web.tuat.ac.jp/~plant-biomass-chem/fundamental%20of%20lignin.html> より引用)

## 実験2 もみ殻ポリマーの合成と吸水量試験

### 【仮説】

- セバシン酸を用いて合成したもみ殻ポリマーの方が高分子の網が広がりやすくなるため、吸水量が大きくなる。
- マロン酸の方が疎水性が小さいため、マロン酸を用いて合成したもみ殻ポリマーの方が吸水速度が大きくなる。

	セバシン酸	マロン酸
原料	ヒマシ油(トウゴマの種子油)	石油由来物質 or グルコース
用途	潤滑油や化粧品など	医薬品や食品添加物など
化学式	$\text{HOOC} - (\text{CH}_2)_8 - \text{COOH}$	$\text{HOOC} - \text{CH}_2 - \text{COOH}$
水溶性	水に溶けやすい(疎水性：大)	水に溶けにくい(疎水性：小)

## 実験2 – ② 合成したポリマーの吸水量試験\*5

1. 試料を約 0.1 g はかり取り, ポリエステル/ポリエチレン製お茶パック (株式会社ハローズ) に入れた。
2. イオン交換水 100 mL を入れたビーカーに所定の時間 (1 h, 3 h, 24 h) 浸漬させた。
3. 10分間水切りを行い, 質量を測定した。
4. 以下の式から, 吸水量 (g/g) を求めた。

$$W = \frac{b - c - a}{a}$$

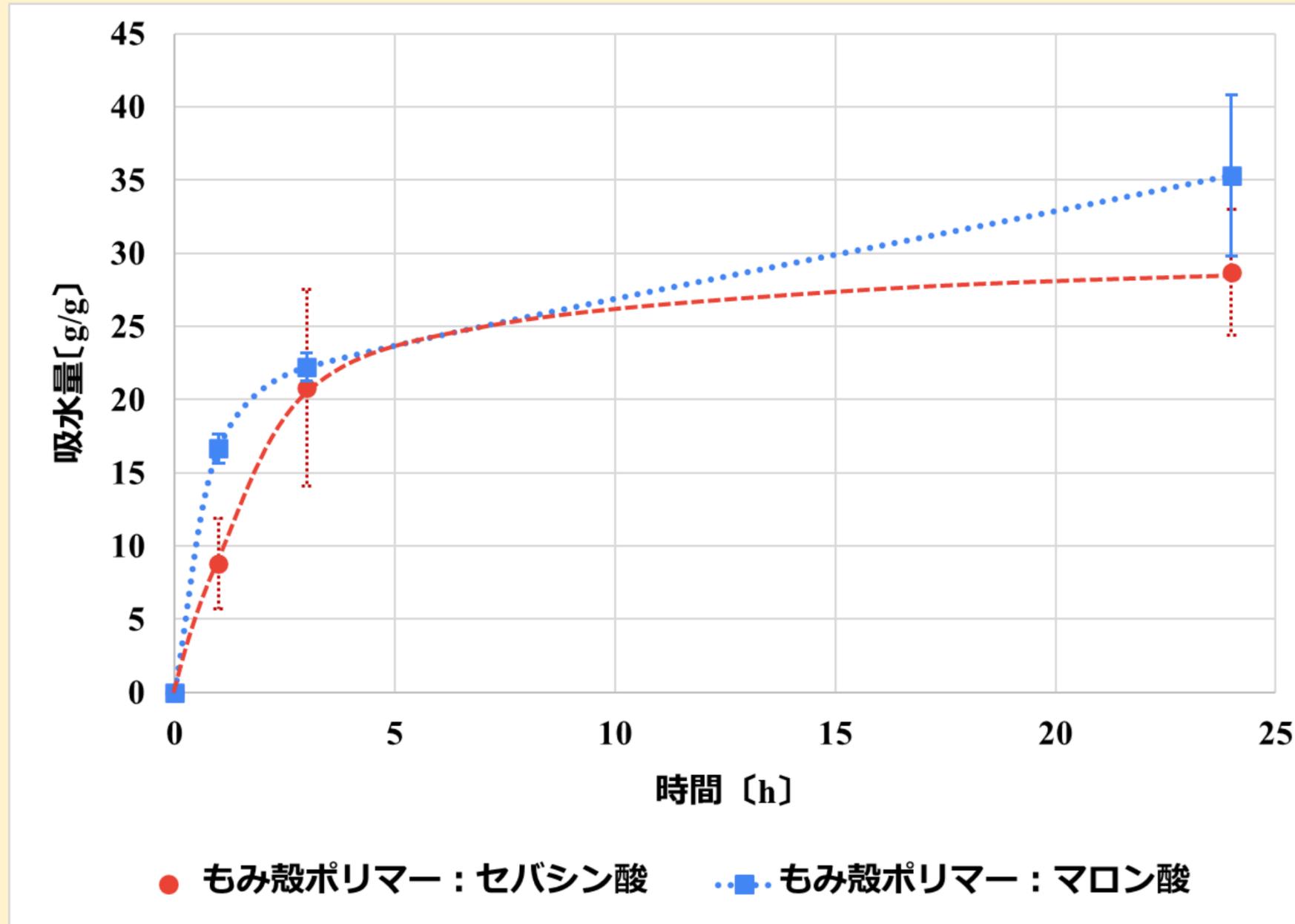
- $W$ : 吸水量 (g/g)
- $a$ : 試料の質量 (g)
- $b$ : 試料を入れたお茶パックを所定時間浸漬し, 水切り後の質量 (g)
- $c$ : 試料を入れないお茶パックを所定時間浸漬し, 水切り後の質量の平均値 (g)



水切りのようす

\*5 JIS K 7223-1996 「高吸水性樹脂の吸水量試験方法」と『地域資源を用いた理科教育教材の開発(1): レンコンを用いた 吸水性ポリマーの作成実験(茨城大学教育学部紀要(自然科学)63号)』を参考に行った。

# 実験2：結果 吸水量試験



**マロン酸を用いて合成したもみ殻ポリマーの方が単位時間当たりの吸水量(吸水速度)と所定時間の吸水量が大きくなった。**

# 結論

- 洗濯機用洗剤と酸素系漂白剤を用いることで、もみ殻から幾分かリグニンを取り除くことができた。
- 昨年の課題研究(自重の約10倍)より24 h後の吸水量が大きいもみ殻ポリマー(自重の約30倍)を合成できた。
- 架橋剤の疎水性の高さでポリマーの吸水速度が変化する。

# 今後の活動

誰もが持ち運びが容易にでき、

災害時に水をせき止めることができ、

使用後は自然分解する

「土のう」を完成させて

水害被害を軽減したい！！

# 引用文献・参考文献

- ・ 福岡修. 粃殻を用いた非晶質シリカの調製. 愛知県産業技術研究所研究 報告. 2011, 10号, p.62-63.
- ・ 山田琳央. 竹粉末からナノセルロースの抽出. 北九州工業高等専門学校 研究報告. 2023, 第56号, p.51-54.
- ・ 広島大学大学院先進理工系科学研究科. セルロース・複合材料の分析評 価. 先進セルロース材料共同研究 講座. 2023. [https://cellulose.hiroshima-u.ac.jp/basic\\_knowledge/basic\\_knowledge\\_analysis\\_evaluation.html](https://cellulose.hiroshima-u.ac.jp/basic_knowledge/basic_knowledge_analysis_evaluation.html)
- ・ 梅田純子. 粃殻からの高純度非晶質シリカの生成プロセスに関する研究. 廃棄物学会研究発表会講演論文 集. 2007.
- ・ 松川覚, 守口諒. 地域資源を用いた理科教育教材の開発 (1) : レンコン を用いた吸水性ポリマーの作成 実験. 茨城大学教育学部紀要 (自然科 学). 2014, 63 号, p.33-43.
- ・ 甲野裕之. 水を持ち運ぶ化学－木質を用いた高吸水性樹脂の開発－. 化学と教育. 2018, 66巻, 8号, p.394-397.
- ・ 廃棄物を活用した吸水性ポリマーの合成. 岡山県立玉島高等学校理数科. 2024.
- ・ [土囊\(どのおう\)と水囊\(すいのおう\)の違いを徹底解説](https://hagihara-pls.com/post-20220221/)

ご清聴ありがとうございました