

芯切り不要の和ろうそくの開発

兵庫県立宝塚北高校 山本大樹・藤本珠緒・藤田紗希

1. 研究の目的

和蠟燭とは？

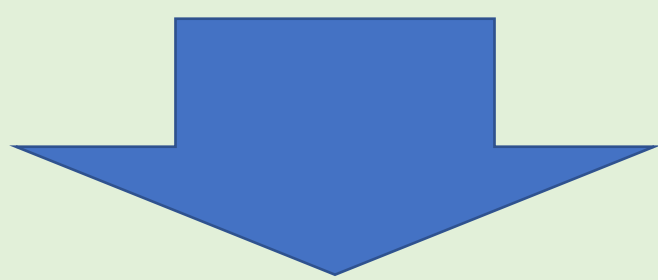
- 日本の伝統工芸品の一つ
- 一定時間ごとに「芯切り」と呼ばれる作業が必要



図1 和蠟燭

和蠟燭の現状

- 「芯切り」の手間による需要の減少
- 今後衰退していく可能性が高い



「芯切り」の必要がない和蠟燭を作成する

灯芯の易燃性をあげると灰燼の量を減らすことができるのでは？

実験1-1 混酸比率を変えた硝酸エステル化

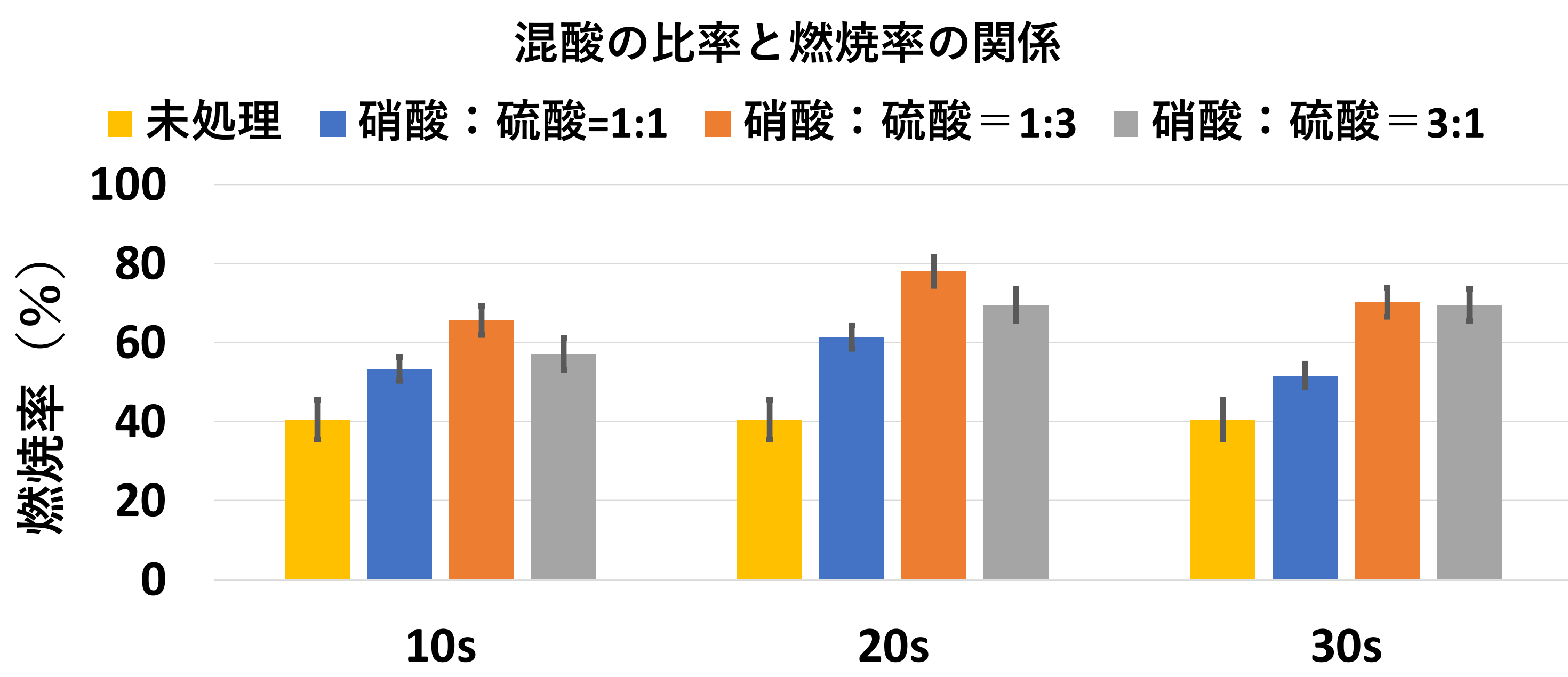
- 濃硫酸と濃硝酸の混酸を用いて灯芯を硝酸エステル化
混酸浸潤時間と混酸比率を変えて比較する。
- 灯芯を燃焼させ、燃焼率を算出

$$\text{燃焼率}(\%) = \frac{\text{減少した質量}(\text{g})}{\text{燃焼前の質量}(\text{g})} \times 100$$

混酸の比率

- 濃硫酸:濃硝酸 = 3: 1
 - 濃硫酸:濃硝酸 = 1: 1
 - 濃硫酸:濃硝酸 = 1: 3
- 3 種類

結果1-1 混酸比率を変えた硝酸エステル化



混酸比率	10s	20s	30s
硝酸:硫酸=1:1	p=0.107	p=0.023	p=0.147
硝酸:硫酸=1:3	p=0.009	p=0.001	p=0.003
硝酸:硫酸=3:1	p=0.052	p=0.004	p=0.004



p値:カイ二乗検定によって”混酸に浸漬した灯芯”と”浸漬していない灯芯”の燃焼率を比較した際の優位確率

濃硝酸：濃硫酸＝3:1
20秒浸潤した灯心の燃焼

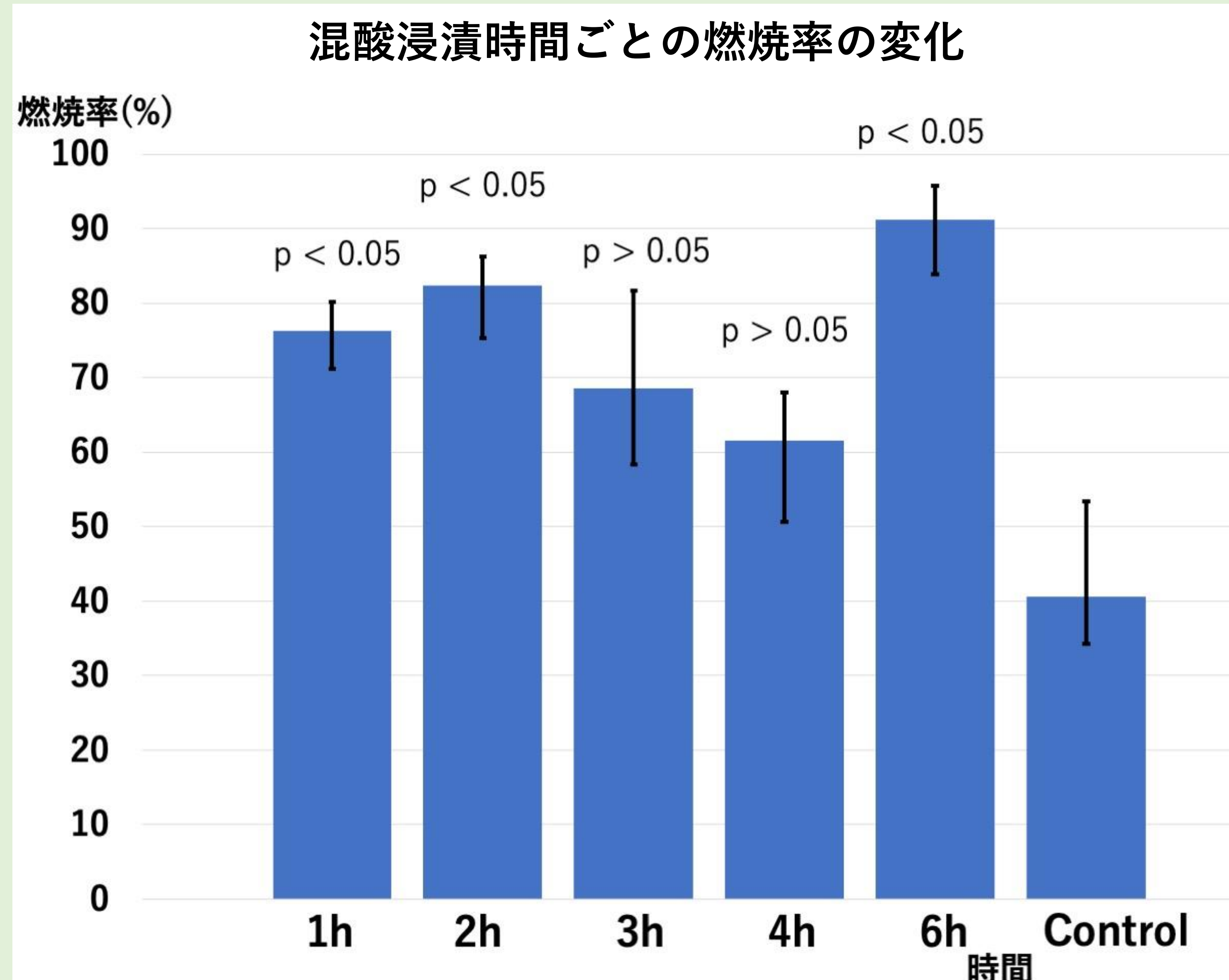
結果

- 燃焼率が最も高いのは**硝酸：硫酸=1:3**
- 2 0 秒浸潤したものが**最も燃焼率**が大きい
- 未処理のものの燃焼率は50%以下
- 処理を行ったものは、激しく燃えた。

実験1-2 浸漬時間を変えた硝酸エステル化

- 硝酸:硫酸=1:3の混酸に灯芯を長時間浸漬させる。
浸漬時間は**1,2,3,4,6時間**の5種類
- 灯芯を燃焼させ、**燃焼率**を算出(実験1-1と同様の手順)

結果1-2 浸漬時間を変えた硝酸エステル化



※ 全てにおいて n=3

※ p値:カイ二乗検定によって”混酸に浸漬した灯芯”と”浸漬していない灯芯”の燃焼率を比較した際の優位確率

結果

- 浸漬した全ての場合において着火後、一気に燃え広がった



灯芯の燃焼時の様子



混酸を 2 時間浸漬した
灯芯の燃焼後の様子

考察

- 最も有意水準が高いものは**2 時間浸漬**したものだった
- 3時間および4時間浸漬した灯芯の燃焼率は分散が大きく、他の浸漬した灯芯と比較して**燃焼率が安定しなかった。**

結果1-1, 1-2のまとめ

ニトロ化によって易燃性を向上させることは可能

蠟燭として機能するために

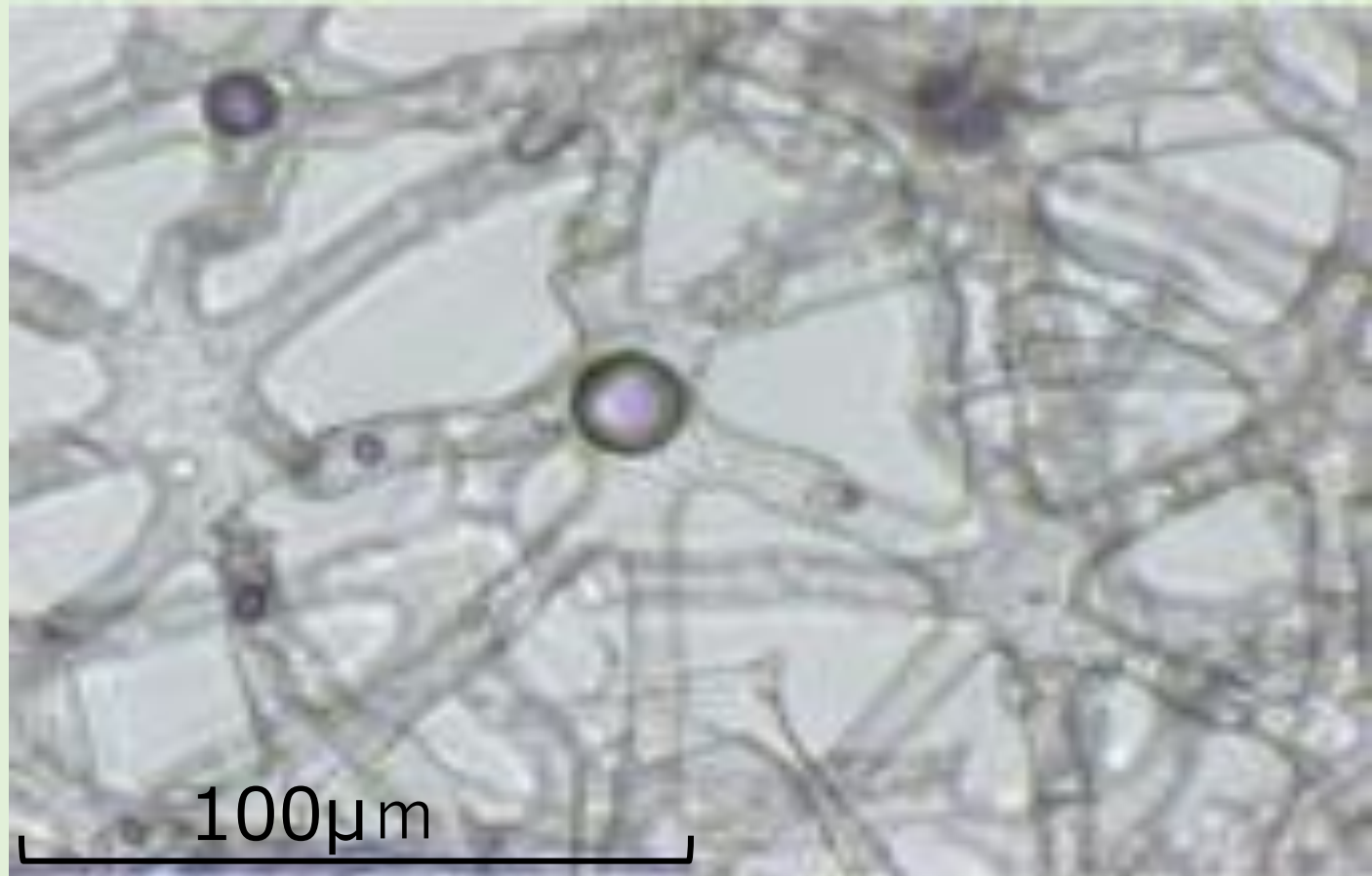
イグサは毛細管現象を起こすことができるのか

イグサの構造が変化しているのでは？

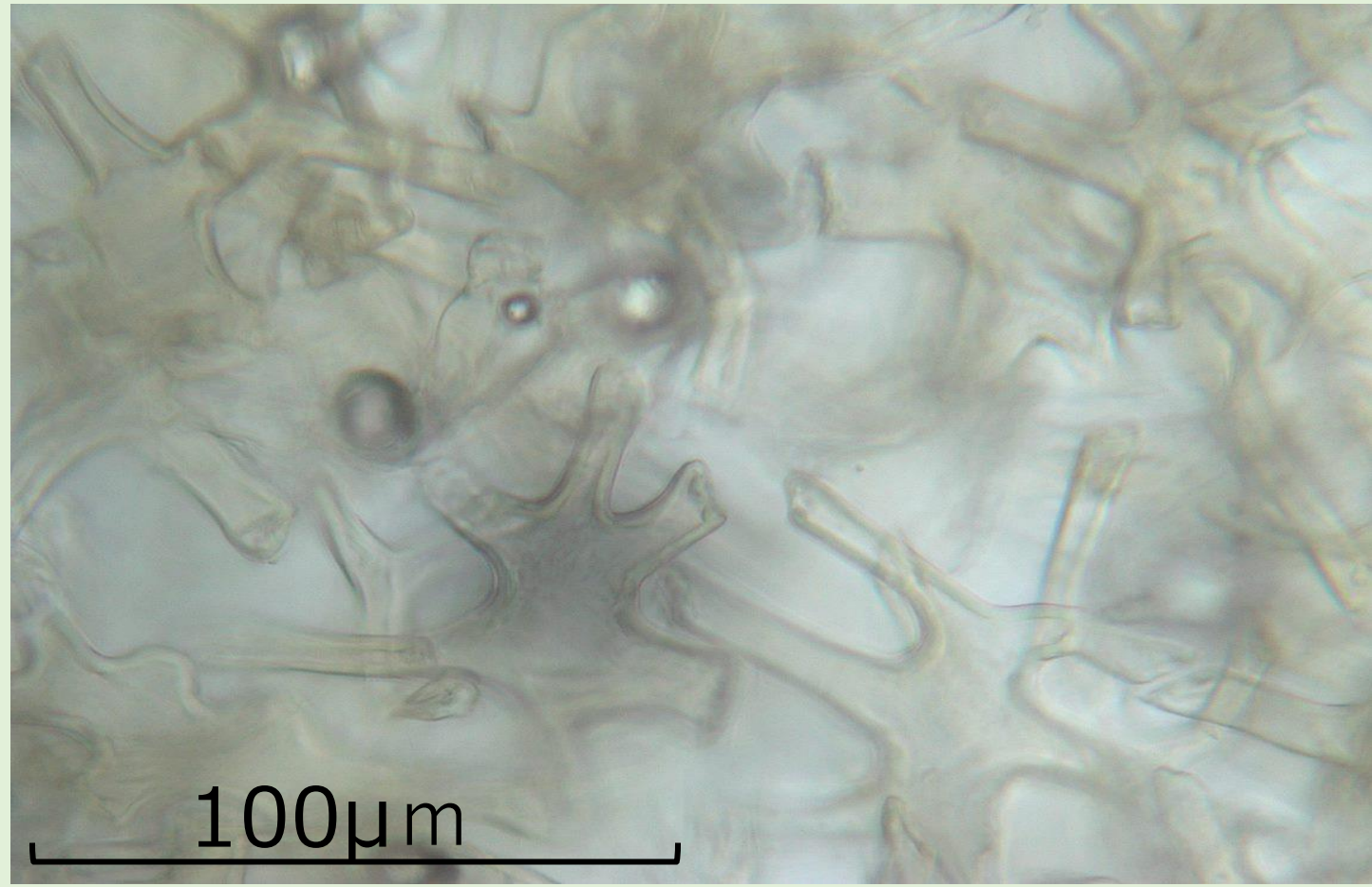
実験2 イグサの顕微鏡での観察

- 1. 顕微鏡を用いて、硝酸エステル化されたイグサを薄くスライス
- 2. イグサの断面を観察

結果2 イグサの顕微鏡での観察



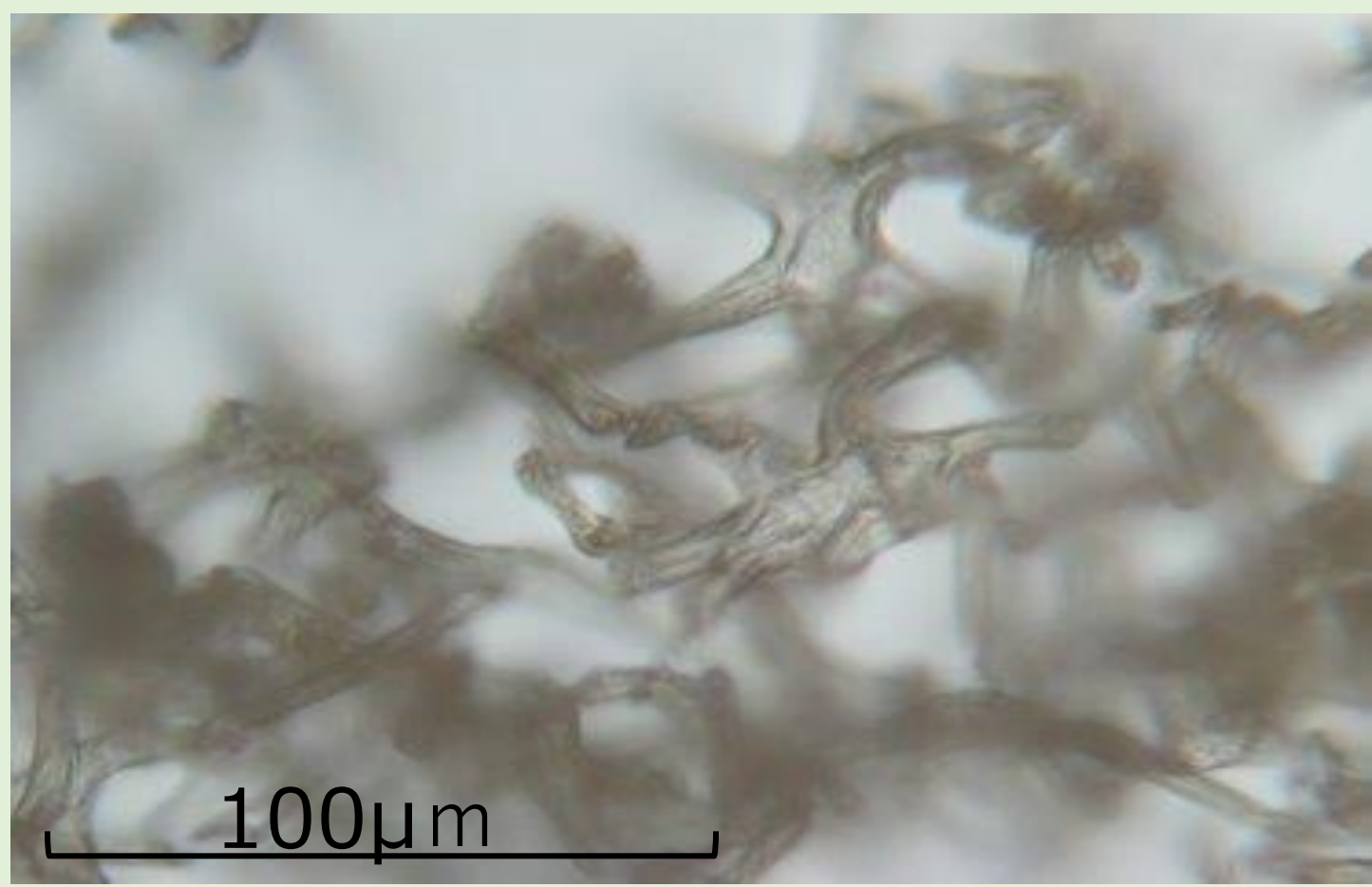
未処理



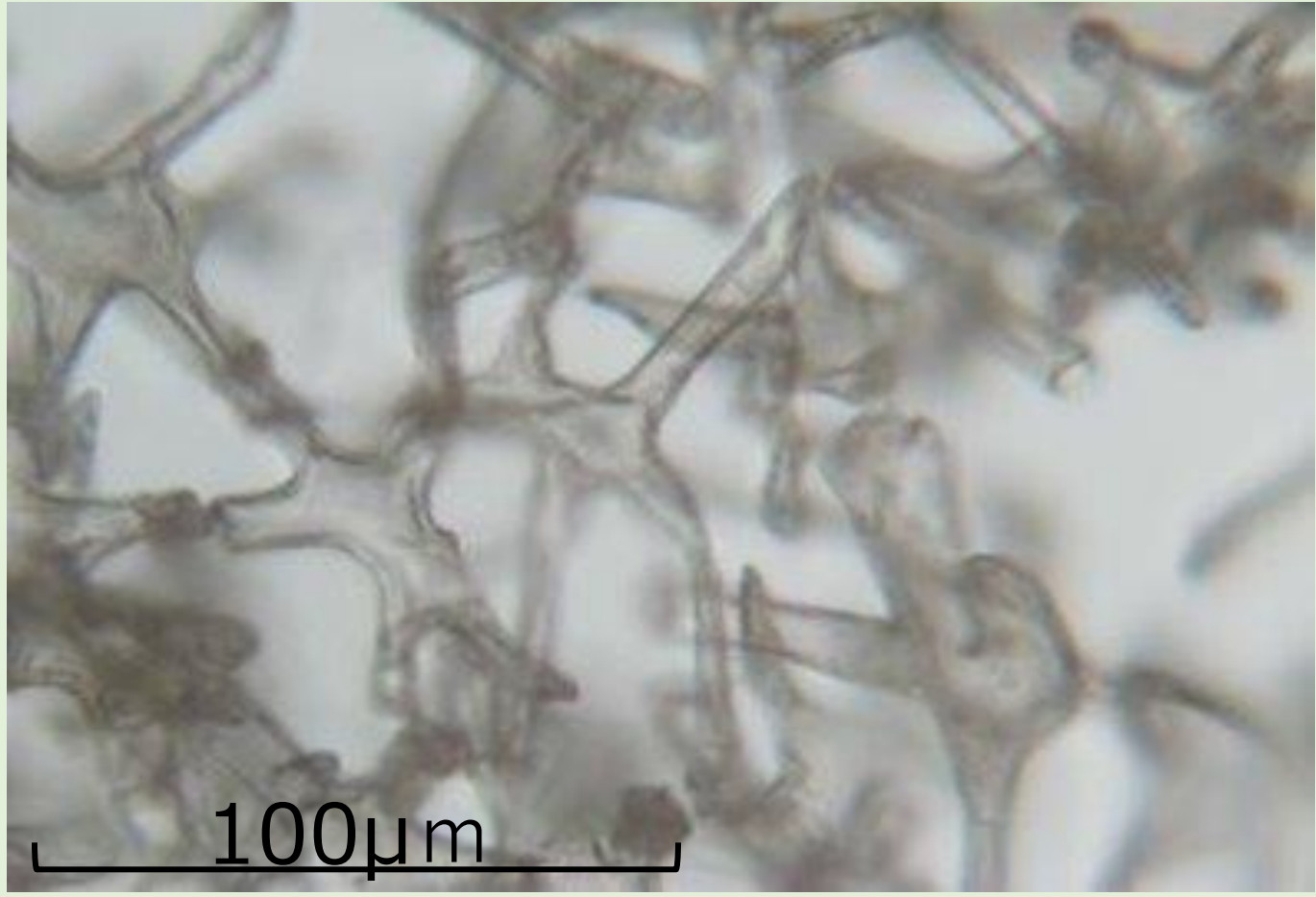
1 時間



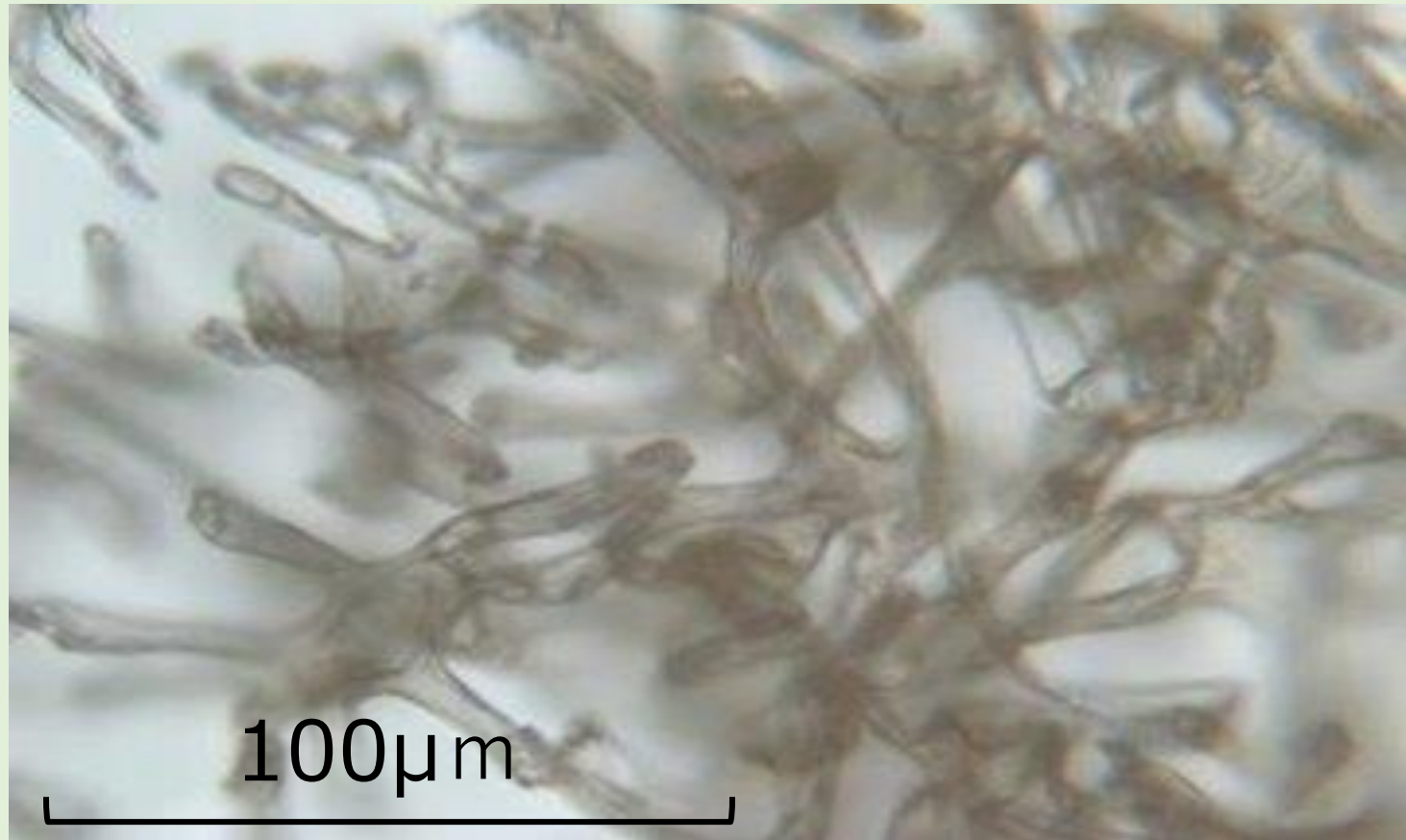
2 時間



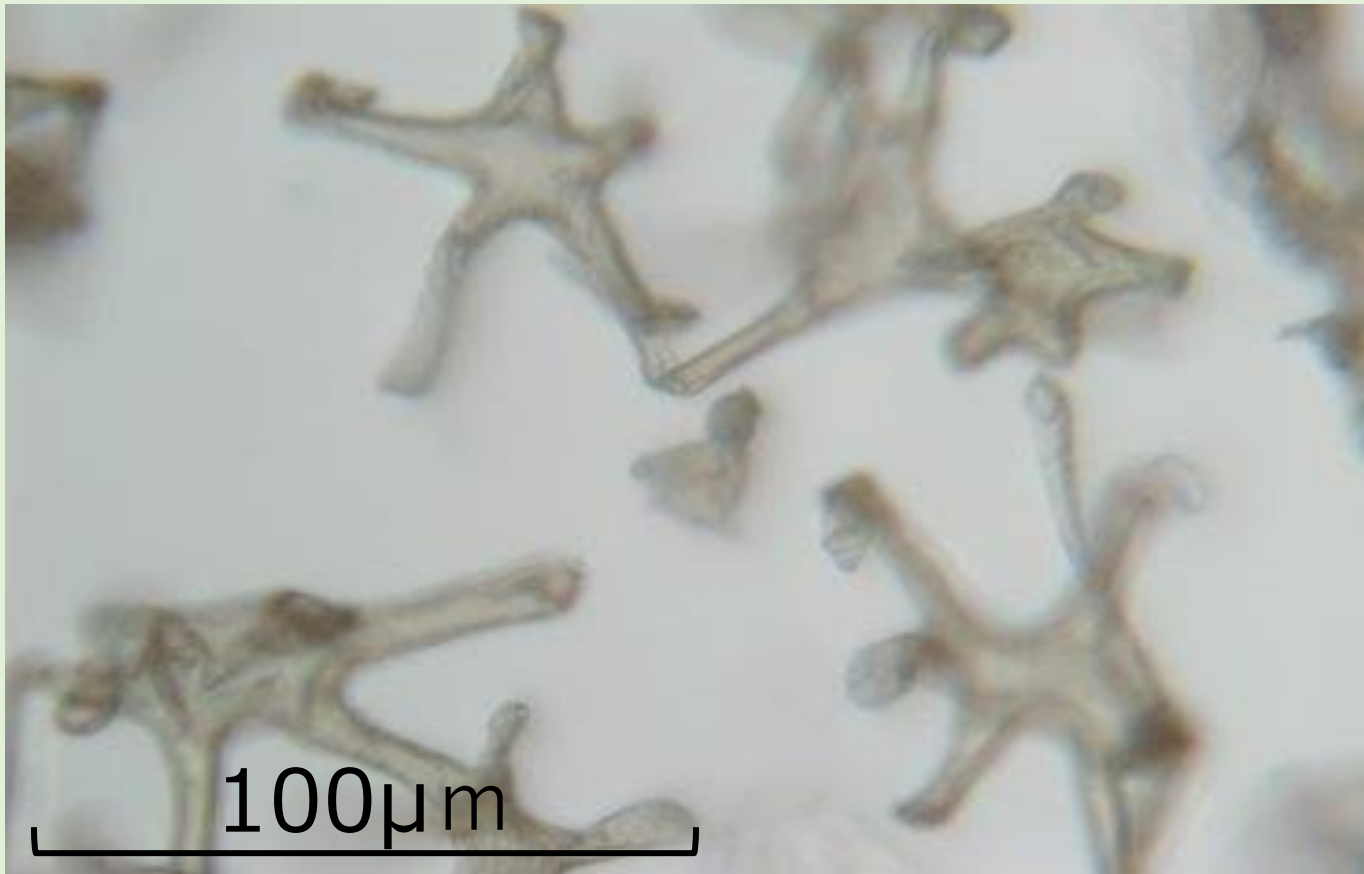
3 時間



4 時間

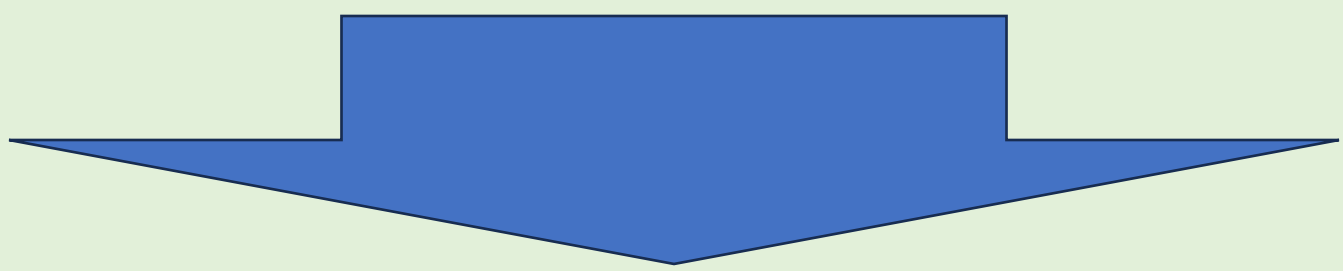


6 時間



24 時間

- ・ イグサは未処理の時は星形がいくつもつながった規則的な構造
- ・ 混酸に浸潤させた時間が長いほど構造は破壊されている



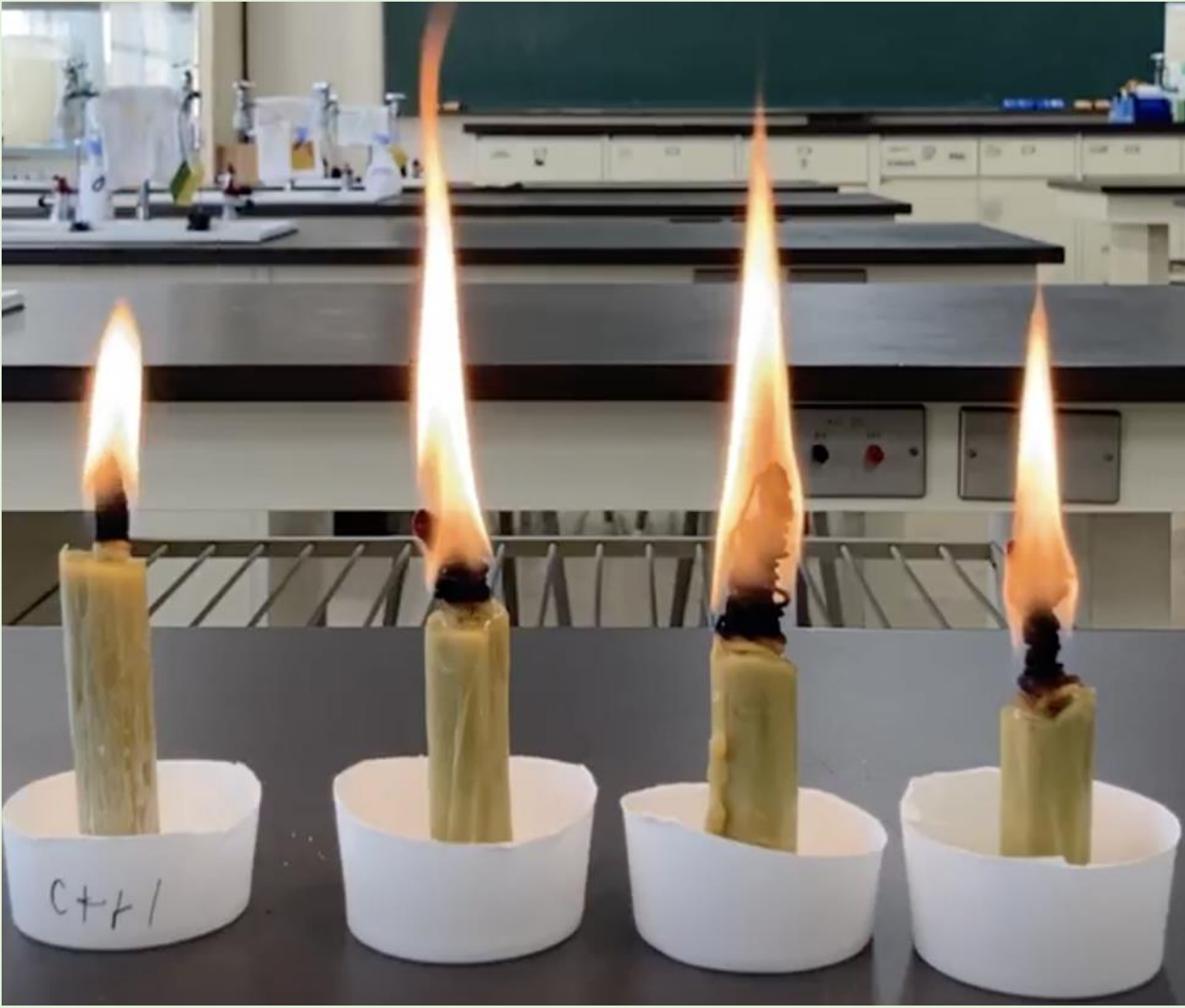
混酸に長時間浸潤すると毛細管現象が起きない可能性

ニトロ化した灯芯で蠟燭を作ると、どうなるか？

実験3 和紙のみニトロ化した灯芯で蠟燭を作る

- 1. 筒状の和紙を混酸(硝酸:硫酸=1:3)に2時間浸漬させる
- 2. イグサを巻き付ける
- 3. 蠟を型に流し込み、作成した灯芯を入れる
- 4. 冷却後、出来上がった蠟燭を燃焼させる

結果3 和紙のみニトロ化した灯芯で蠟燭を作る



燃焼開始から
20分ごろの様子



燃焼開始から
40分ごろの様子

結果

- ・ 和紙のみをニトロ化した灯芯を用いた場合でも灰燼は発生する
- ・ 燃焼時の炎の大きさはニトロ化を施したものの方が大きい

考察

考察1

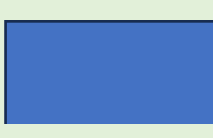
イグサの構造が破壊される



毛細管現象が起きていないと考えられる。

考察2

蠟燭として作成した場合のみ灯芯自体が燃えきらない



蠟燭作成時に含有させた酸素が蠟の燃焼に使われる



灯芯への酸素供給不足が灰燼発生の原因と考えられる。

結論

- ・ 灯芯への酸素供給量を増やすことで灰燼を減らすことができる
- ・ イグサは短時間、和紙は長時間混酸に浸潤するのが良い。

今後の展望

- ・ 灯芯が燃え残らないような和蠟燭の製作
- ・ 灯芯への酸素供給方法の模索

謝辞

本研究を行うにあたり、(有) 松本商店および京都大学理学研究科名誉教授馬場正昭教授にご協力いただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

1) 小方 芳郎(1965).” 芳香族化合物の反応の進歩”. 有機合成化学協会誌, 23 巻, 11 号, p.930-937.
<https://doi.org/10.5059/yukigoseikyokaishi.23.930>

2) 和蠟燭の温度測定と測定画像, 松井和蠟燭工房 <https://www.matsuirousoku.com/和ろうそくの研究と結果/和ろうそくの温度測定/>

3) 和蠟燭と洋ローソクの違い,中村ローソク <https://www.kyorousoku.jp/about/>

4) 小川 俊夫, 山家 雄志ら(2012). “ローソクの組成分析”. マテリアルライフ学会誌. 24巻(2012) 2号, p77-81.
<https://doi.org/10.11338/mls.24.77>

5) A. A. Chuksanova, L. L. Sergeeva その他 (1959).” Behavior of lignin models on nitration”. Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR, Division of chemical science volume 8, pages 2114–2119. <https://doi.org/10.1007/BF00909062>

6) S. SARKAR, S.K. GHOSH その他(2009).” Nitration of Benzene at High-Concentrations of Sulfuric Acid”. Asian Journal of Chemistry, Vol. 21 No. 6 (2009): Vol 21 Issue 6. <https://doi.org/10.1002/aic.11222>