

# 東邦大学学術リポジトリ

Toho University Academic Repository

タイトル	水に対する生物由来の樹脂成分の濡れ性を定量的に評価する：簡易測定実験の開発
別タイトル	Development of a teaching aid based on lac insect in secondary chemistry
作成者（著者）	土屋, 有加 / 今井, 泉
公開者	東邦大学教員養成課程
発行日	2020.12.28
ISSN	24358290
掲載情報	東邦大学教職教育研究. 3. p.37 46.
資料種別	紀要論文
内容記述	実践論文
著者版フラグ	publisher
メタデータのURL	<a href="https://mylibrary.toho u.ac.jp/webopac/TD30654545">https://mylibrary.toho u.ac.jp/webopac/TD30654545</a>

## 水に対する生物由来の樹脂成分の濡れ性を定量的に評価する 簡易測定実験の開発

### Development of a teaching aid based on lac insect in secondary chemistry

土屋 有加<sup>1</sup>・今井 泉<sup>2</sup>

Yuka TSUCHIYA, Izumi IMAI

#### 1 はじめに

高等学校学習指導要領 第5節 理科（平成30年3月30日告示）解説の化学では、新規に「化学が果たす役割」が追加された。そこでは、「化学の成果が様々な分野で利用され、未来を築く新しい科学技術の基盤となっていることを理解させることがねらいである。」と記載されている<sup>1)</sup>。そこで、ラックカイガラムシ由来の樹脂成分を利用した新規単元で活用可能な教材を開発した。ラックカイガラムシ由来の樹脂成分は、生分解性樹脂であり、人体にとって無毒の天然樹脂で、近年環境の配慮や資源の有効利用の面、人体への安全性の面からもラックカイガラムシ由来の樹脂成分が見直されている<sup>2)</sup>。ラックカイガラムシ由来の樹脂成分は日本でも使用され、特に製菓用では食品の光沢剤として用いられ、とても身近なものである<sup>3)</sup>。本研究ではその樹脂成分でコピー用紙を防水加工し素材の接触角を測定し、水に対する固体の濡れ性を評価する接触角の簡易測定実験を開発した。高校生に水に対する固体の濡れ性を定量的に把握させ、撥水性と親水性の発展的な内容を学習する実験である。また、身近な生分解性の天然樹脂を使用し、素材に関しても着目させる教材とした。開発した実験を実践し、その結果

を考察し、中等化学教育におけるラックカイガラムシ由来の樹脂成分を用いた教材の有効性を明らかにすることが目的である。

#### 2 新たに開発した接触角の簡易測定実験の概要

新たに開発した接触角の簡易測定については、先行研究<sup>4)</sup>における「樹脂成分の利用②：防水」を用いて接触角を測定し、水に対する固体の濡れ性を定量的に評価する。接触角の測定装置は高さ調節可能な台にコピー用紙を乗せ、アプリケーション\*を用いてiPadで測定する簡易測定装置である。接触角は発展的な内容であるため、発展教材として扱う。

##### 【防水加工】

100 mLプラスチックカップ（ポリプロピレン）にエタノール20 mLを入れる。この時、20 mLの線を超えないように注意する。樹脂成分の抽出で得られた樹脂1 gを加えホットプレート（IRIS OHYAMA HPO-C345-B）上で加熱して割りばしで時々混ぜながら溶解させる。この溶液にコピー用紙（FUJI xerox W-Paper 1.5 cm×3 cm）1枚を浸け、2分後に割りばしを使って取り出し、ドライヤー（TINY KHD-0920）で完全に乾燥させる。

1 東邦大学理学部生命圏環境科学科

2 東邦大学理学部教養科教育学教室・教員養成課程

**【測定準備】**

乾燥後のコピー用紙を色の薄いほう、またはなめらかな面を表にし、スライドガラスに長めに切った両面テープで貼る。漏斗台手前側のところにスライドガラスを設置する。

次に、iPadのカメラを起動し、メニュースタンドに置き、しっかりとメニュースタンドの下の部分を押し固定する。この時、iPadの背がしっかりとメニュースタンドに接していることを確認。

高さ調節可能な漏斗台とiPadの間に板 (7.4 × 21 cm) を挟み、可能な限り漏斗台とiPadを平行にすること (図1)。背景となるように漏斗台に黒画用紙を張り、カメラを最大まで拡大し、画面を上から覗き込みフォーカス (黄色の枠) の中心の線をコピー用紙に合わせる (図2)。

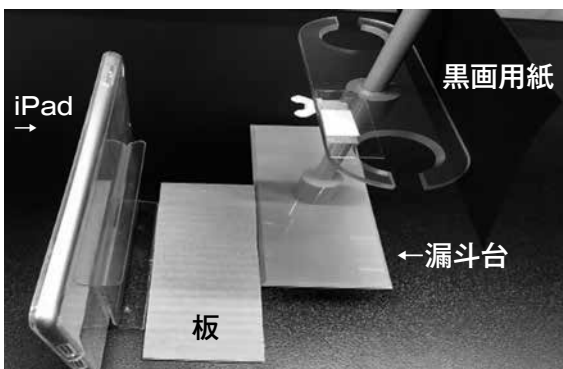


図1. 接触角の測定装置

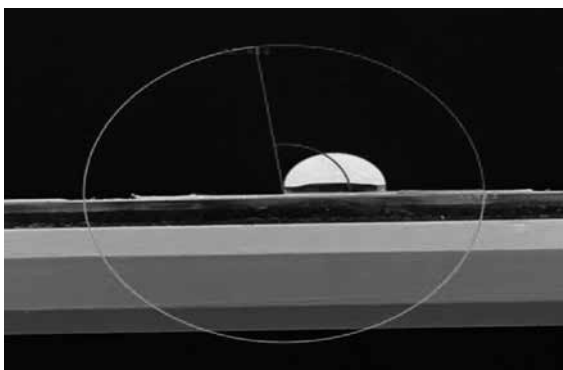


図2. 接触角

**【測定】**

50 mLのプラスチックカップ (ポリプロピレン) に水を入れ、スポイトの先端をキッチンペーパーでふき取り、スポイトの先端から少

し水滴を出し、コピー用紙の手前の方に水滴を置くようにコピー用紙に接触させて離す。この時、スポイトの先端はコピー用紙に触れないように注意する。

水滴を垂らしてから1分30秒後に焦点を合わせたい場所をタップし、シャッターを押す。カメラ分度器を起動し、設定→通常線の色「緑」を選択→閉じる→📷→アルバムから選ぶ→写真を移動し始線を調整し接触角を測る。

防水加工していないコピー用紙も同様に行う。

**3 新たに開発したエネルギー使用量の計算**

ストップウォッチでホットプレート、ドライヤー、アイロン、高速粉碎机それぞれの使用時間を計る (ホットプレート、ドライヤーはスイッチON~OFFまで)。実践で用いたものは表1に示す。消費電力×使用時間でそれぞれのエネルギー使用量を出す。合計のエネルギー使用量を計算し、エネルギーを削減する工夫を考えさせる。

表1. 使用した電気機器と消費電力

ホットプレート IRIS OHYAMA HPO-C345-B	ドライヤー TINY KHD-0920	アイロン IRIS OHYAMA SIR-01-A	高速粉碎机 WonderCrush Mill D3V-10
1300 W	1200 W	1000 W	700 W

**4 実践結果**

東邦大学附属東邦中学校高等学校の生徒 (中学1年生20人, 2年生9人, 3年生2人, 高校2年生1人 計32人) を対象とした冬の学問体験講座において実践をした。実験結果の一部を表2に示す。

表2. 実験結果 (中学3年生2人, 高校2年生1人)

接触角の測定	加工後	加工後	
	92.2°	62°	
エネルギー使用量の計算	ホットプレート	ドライヤー	アイロン
	3.21 × 10 <sup>6</sup> J	4.32 × 10 <sup>5</sup> J	1.20 × 10 <sup>5</sup> J
	高速粉碎机	合計	
7.0 × 10 <sup>5</sup> J	3.7 × 10 <sup>6</sup> J		

最後に、質問紙調査の結果は図3のようになった。冬の学問体験講座の調査内容は、質問①「スティックラックについて興味を持って

たか？」質問②「樹脂成分についてどのような性質があるか理解できたか？」質問③「撥水性について興味を持てたか？」質問④「使用エネルギーを削減する工夫を考えたことができたか？」である。質問設定の理由として質問①は、ラックカイガラムシが分泌するものから、様々な実験をし、実験材料への興味・関心を持てたかを把握した。実験の質問②は、日本で身近な樹脂成分を実験で扱い、その性質について理解できたかを把握した。質問③は、発展的な内容への興味・関心が高められたかを把握した。質問④は、どのようにしたらエネルギー使用量を削減できるかのアイデアを上げることができたかを把握した。

## 5 考察

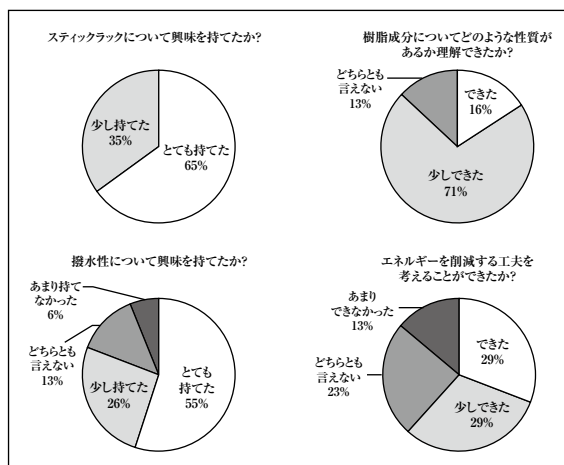


図3. 質問紙調査の結果

一般に接触角が $90^\circ$ 以上の場合には撥水性と呼ばれ、表2より加工後の接触角は $90^\circ$ 以上であった。接触角計 (Simage Entry, 株式会社エキシマ) で計測した結果は $111.5^\circ$ となったので撥水性であることがわかる。また、エネルギー使用量の合計は $3.7 \times 10^6$  J (予備実験:  $4.1 \times 10^6$  J) であった。

質問紙による調査結果は、質問①に対する結果はスティックラックについて興味を「少し持てた」「とても持てた」の生徒はそれぞれ35%, 65%で全員が実験材料への興味を持てた。質問②では、樹脂成分の性質を理解「で

きた」「少しできた」の生徒はそれぞれ16%, 71%で半数以上の生徒が理解をできた。質問③では、撥水性について興味を「少し持てた」「とても持てた」の生徒はそれぞれ26%, 55%で興味をもった生徒は半数以上であったので、発展的な内容への興味・関心が高められた。質問④では、エネルギーを削減する工夫を考えたことが「できた」「少しできた」の生徒はそれぞれ29%, 29%で半数以上の生徒がエネルギーを削減する工夫を考えたことができた。また、「冬の学問体験講座を受けて少し興味を持てた」等の自由記述より、開発した実験教材を体験したことでより興味を持てたことがわかった。

以上のことから、開発した実験教材の有効性が明らかになった。新規単元の例として「環境に負荷をかけないグリーン・サステイナブルケミストリー」と記載されている。Green & Sustainable Chemistry (GSC) とは、「人と環境にやさしく、持続可能な社会の発展を支える化学」と定義されている<sup>5)</sup>。生分解性の天然樹脂を用いて、GSCの概念を育成する実験教材として活用できることが期待できる。加えて、国際交流協定 (MOU: Memorandum of Understanding) においてスティックラックの原産国であるタイのコンケン大学との協力により日本の中高校生とタイの大学生に実施することにより国際理解も期待できる。

## 6 おわりに

今後の課題として、1)接触角の簡易測定実験にポリエチレン、ポリプロピレンなど、他のプラスチックを加えた探究課題の開発、2)本実験をマイクロスケール実験に改良し、環境に負荷をかけないグリーン・サステイナブルケミストリーの考え方を学ぶ学習プログラムに組み入れる、3)ラックカイガラムシ由来の樹脂成分の生分解性酵素を調査・実験し、樹脂状成分の分解過程を顕微鏡で追跡できる

実験の教材化が課題である。

参考文献

- 1) 文部科学省 高等学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説 理科編 理数編, p.111.
- 2) 森大輔, 然樹脂セラック, ネットワークポリマー, 2014, 35(6), pp.285-289.
- 3) 日本シェラック工業株式会社, SHELLAC & SPECIFICATION, 2007, pp.8-15.
- 4) 杉山和也, 渡邊総一郎, 今井泉, GSCの概念を育成するラックカイガラムシ由来の樹脂成分および色素成分の教材化, 日本化学会第99春季年会, 2019.
- 5) JACA, GSC入門特別号「SDGs入門」SDGsとGSCの三要素から学ぶ.  
[http://www.jaci.or.jp/gscn/img/page\\_19/gsc\\_guide\\_sp1.pdf](http://www.jaci.or.jp/gscn/img/page_19/gsc_guide_sp1.pdf) (2020年12月2日現在)

<注釈>

- \*カメラ分度器 バージョン2.6,  
<https://apps.apple.com/jp/app/カメラ分度器/id705832869> (2020年12月2日現在)

《資料》

- (1)冬の学問験講座で使用した資料
- (2)冬の学問体験講座で使用した質問調査紙

(1) 冬の学問体験講座で使用した資料

2019年12月20日(金)

## 冬の学問体験

### 正倉院宝物(スティックラック)の化学実験

#### 1. 実験方法(生徒実験)

##### A. 準備

器具：ホットプレート，プラスチックカップ(200 mL：2個，100 mL：4個)，高速粉砕機，電子天秤，葉さじ(1本)，ティーバッグ(3枚)，ホチキス，割りばし(水用とエタノール用で2膳)，洗瓶(点眼瓶)，キッチンペーパー， ，ドライヤー，石膏ボード，シリコン製シート(2枚)，金属製のリング，アイロン，ピンセット(1本)，シャーレ(φ85 mm)，ストップウォッチ(2個)，薬方紙，ゴム手袋，絹布(1cm<sup>2</sup>)，コピー用紙2枚(1.5 cm×3 cm)，板，メニュースタンド，ろうと台，スポイト，スライドガラス(2枚)，両面テープ，黒画用紙，iPad，

試薬：スティックラック 5 g，エタノール 50 mL，20 mL (線より多く入れないこと)，飽和塩化アンモニウム水溶液 50 mL，牛乳 約 20 mL

B. ストップウォッチでホットプレート，ドライヤー，アイロン，高速粉砕機それぞれの使用時間計ること(ホットプレート，ドライヤーはスイッチ ON～OFF まで)。

実験を始める前に，100 mL プラスチックカップに水 50 mL，エタノール 50 mL をそれぞれ用意し，ホットプレート上で加熱しておく(<120℃)。エタノールは蒸発しないように適度に温度調節する。

牛乳 20 mL をシャーレに入れ，そこに絹布を 10 分間以上浸しておく。

##### 操作(1) 樹脂成分の分離抽出

スティックラックを高速粉砕機(Wonder Crush Mill D3V-10)に 10 秒間かけて粉砕し，粉末状にする。この粉末を 5 g 計り取り，二重にした空のティーバッグに入れ，口をホチキスで閉じる。このティーバッグをあらかじめ加熱しておいた水 50 mL (60℃以上)に入れ，ホットプレート上に置いたまま割りばしでティーバッグを押しながら色素成分を抽出する。抽出液は操作(3)で用いるため，捨てないで加熱しておく。ティーバッグを取り出し，手で絞って水を切ってからあらかじめ加熱しておいたエタノール 50 mL (78℃)に入れる。5分間加熱し樹脂成分を抽出する。この間に操作(3)を行う。得られた樹脂溶液を 200 mL プラスチックカップに入れた飽和塩化アンモニウム水溶液 50 mL に加え，割りばしで軽く攪拌した後 1 分間静置し，塩析によって樹脂成分を沈殿させる。200 mL プラスチックカップの上にティーバッグを張り，そこに得られた沈殿を含む溶液を通して濾別する。ろ液を捨てた後，ティーバッグ内の樹脂成分を水でよく洗浄する。ティーバッグを取り出しキッチンペーパーで水気をよくふき取った後，ドライヤーで乾燥させる。

##### 操作(2) 樹脂成分の利用

###### ① 樹脂成分の加工(熱硬化性の確認)

石膏ボードの上にシリコン製シートを敷き，金属製のリングを置く。リングが隠れるように操作(1)で得た樹脂を乗せる。その上に 2 枚目のシリコン製シートをかぶせて上から高温(160～180℃)に設定したアイロンを 1 分間以上押し当てる。アイロンを放して室温まで冷ました後，シートを剥がし，リング周りの余分な樹脂を削り取る。

## ②紙の防水 (接触角の測定)

## 【防水加工】

100 mL プラスチックカップにエタノール 20 mL (線より多く入れないこと) を入れ、操作(1)で得られた樹脂成分 1 g を加えホットプレート上で加熱して溶解させる。この溶液にコピー用紙 (1.5 cm × 3 cm) 1 枚を浸け、2 分後に割りばしを使って取り出し、ドライヤーで完全に乾燥させる。

## 【測定準備】すべての実験を終えたらやること。

乾燥後のコピー用紙を色の薄いほう、またはなめらかな面を表にし、スライドガラスに長めに切った両面テープで貼る (図 1)。

ろうと台手前側のところにスライドガラスを設置する。(図 2)。

次に、iPad のカメラを起動し、メニュースタンドに置き、しっかりとメニュースタンドの下の部分を押し固定する。この時、iPad の背がしっかりとメニュースタンドに接していることを確認。

ろうと台と iPad の間に板を挟み、できるだけろうと台と iPad を平行にすること (図 3)。カメラを最大まで拡大し、画面を上から覗き込みフォーカス (黄色の枠) の中心の線をコピー用紙に合わせる (図 4)。


## 【測定】

50 mL のプラスチックカップに水を入れ、スポイトの先端をキッチンペーパーでふき取り、スポイトの先端から少し水滴を出し、コピー用紙の手前の方に水滴をコピー用紙に接触させて離す (図 1)。

水滴を垂らしてから 1 分 30 秒後にシャッターを押す。この時、焦点を合わせたい場所をタップすると良い。

※水滴を垂らすのではなく置く。

※スポイトの先端はコピー用紙に触れないこと。

カメラ分度器を起動し、設定→通常線の色「緑」を選択→閉じる→→アルバムから選ぶ→写真を移動し始線を調整し接触角を測る。

※防水加工していないコピー用紙も同様に行う。



水に対する固体表面の濡れ性を評価する場合、接触角が  $90^\circ$  以上の場合には一般に撥水性と呼ばれ、それ以下の場合には親水性と呼ばれる。

$\angle A = 0^\circ$  : 液体は固体表面全体を濡らし、固体表面全体に広がる。

$0^\circ < \angle A < 90^\circ$  : 液体は限られた範囲に広がり、液滴のままで存在する。

$\angle A > 90^\circ$  : 液体は全く固体表面に広がらず、表面を濡らすことはない。

## 操作 (3) 色素成分の利用

牛乳に浸しておいた布を取り出した後、水洗いして余分な牛乳を落とす。これを、操作 (1) で得た色素溶液に浸して 5 分間以上加熱する ( $60^\circ\text{C}$  以上)。加熱後、布をピンセットで取り出して水で洗い、ドライヤーで乾燥させる。

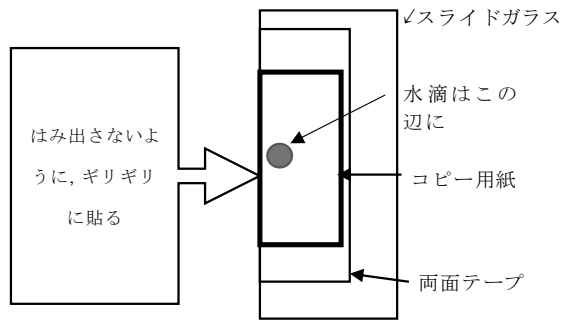


図 1

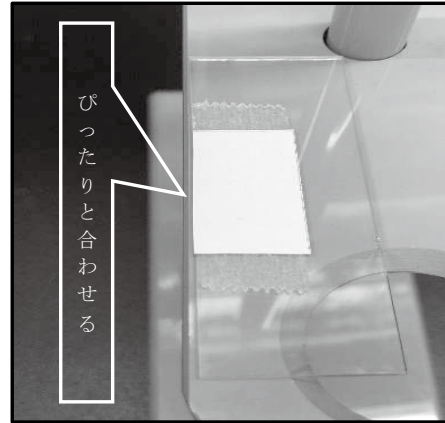


図 2

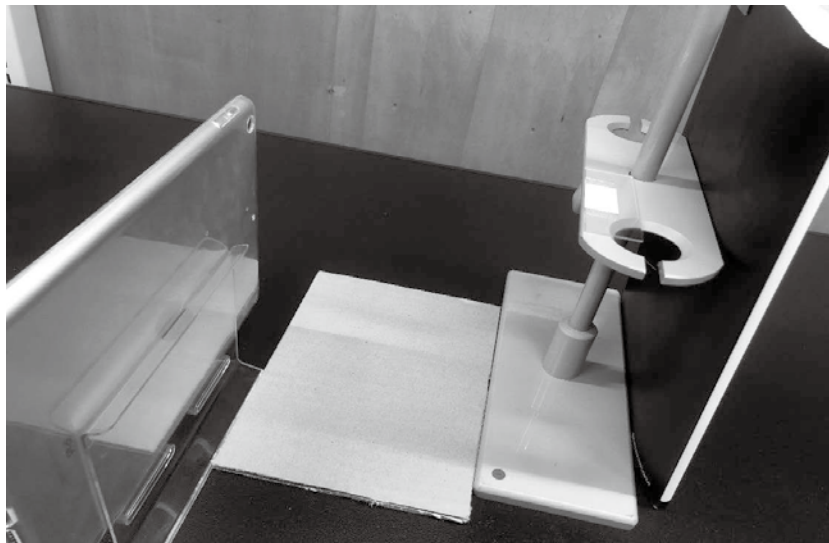


図 3

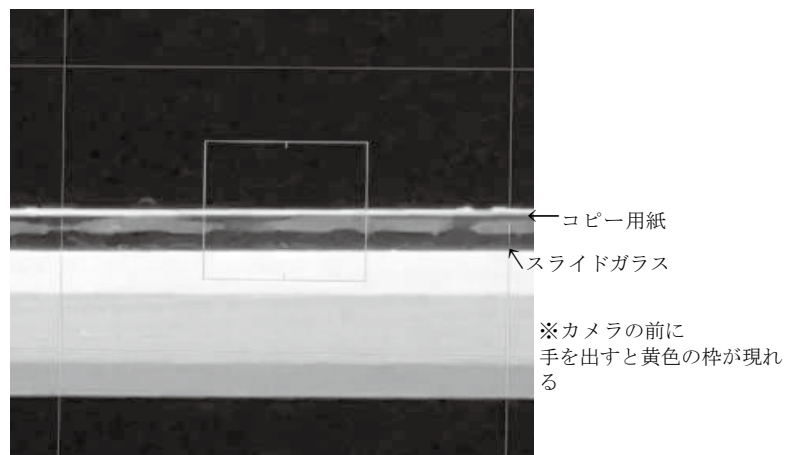
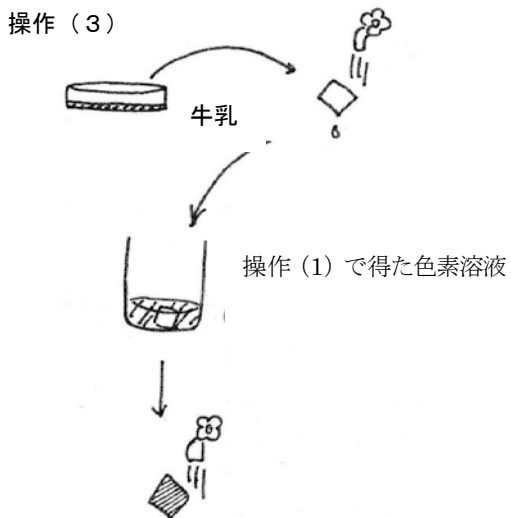
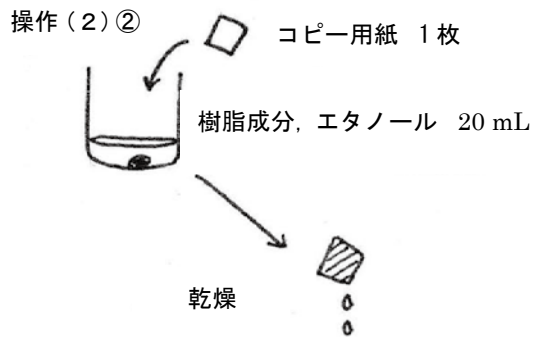
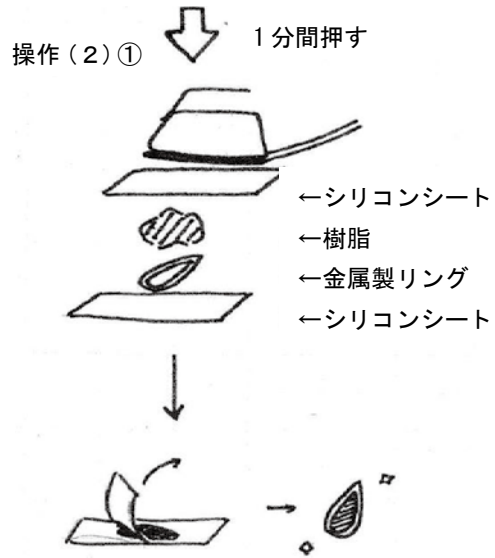
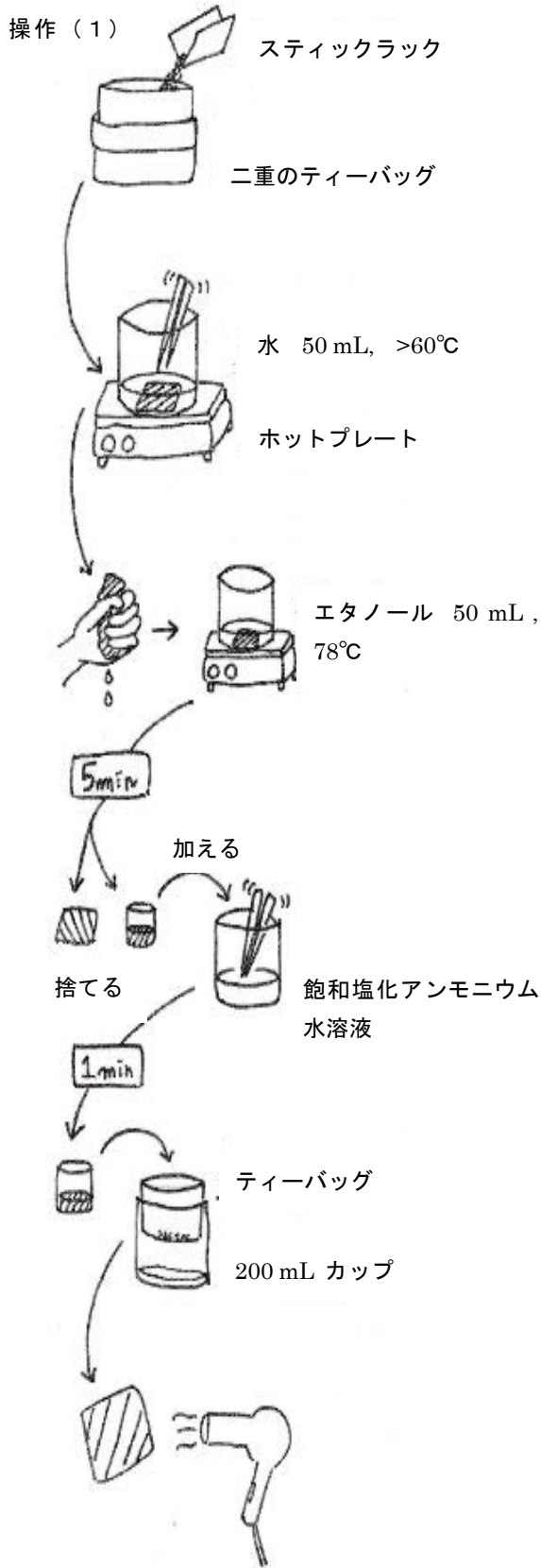


図 4





(2) 学問体験で使用したワークシート

ワークシート

中学・高校 \_\_\_\_\_ 年 氏名 \_\_\_\_\_

操作 (2) 接触角の測定

加工前のコピー用紙

防水加工後のコピー用紙

( ) 度

( ) 度

操作 (4) 使用エネルギーの計算

①ホットプレート (1300W)

$$1300 \text{ W} \times ( \quad \text{秒} ) = ( \quad \text{J} )$$

②ドライヤー (1200W)

$$1200 \text{ W} \times ( \quad \text{秒} ) = ( \quad \text{J} )$$

③アイロン (1000W)

$$1000 \text{ W} \times ( \quad \text{秒} ) = ( \quad \text{J} )$$

④高速粉砕機 (700W)

$$700 \text{ W} \times ( 10 \text{ 秒} ) = ( \quad \text{J} )$$

合計 (①+②+③+④)

( ) J

のエネルギーを使用しました。

800W の電気ストーブを 3 時間使用すると…

$$800 \text{ W} \times 3 \text{ h} \times 3600 \text{ s} = 8640000 \text{ J}$$

使用エネルギーを減らすにはどのような工夫ができるか？

(2) 冬の学問体験講座で使用した質問調査紙

## アンケート

中学・高校 \_\_\_\_\_年 氏名 \_\_\_\_\_

(1) スティックラックについて興味を持てた。

まったく持てなかった あまり持てなかった どちらとも言えない 少し持てた とても持てた  
1—————2—————3—————4—————5

(2) 撥水性について興味を持てた。

1—————2—————3—————4—————5

(3) 樹脂成分についてどのような性質があるか理解できた。

できなかった あまりできなかった どちらとも言えない 少しできた できた  
1—————2—————3—————4—————5

(4) 使用エネルギーを削減する工夫を考えることができた。

1—————2—————3—————4—————5

感想

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---