

# 軽い紙を作る

3610 川崎蓮佳 3518 黒柳美星 3626 早川紗雪 3632 前田湊

靴の重さによる肩への負担を軽減するために紙を軽くすることを目的とし、紙の元となるパルプの製作過程と紙の質量の関係を調べた。初めに、塩基性の水溶液で原料を加熱してパルプを製作する過程で原料を加熱する時間、薬品、原料の種類を変化させ実験を行った。その結果、この条件では紙が作れるほど柔らかいパルプが製作できないことが分かった。そのため、既成のパルプを用い、既成のパルプへの加熱の有無と加熱時の塩基性の薬品の有無により紙の質量に変化があるのかを調べる実験を行った。その結果、既成のパルプを水酸化ナトリウム水溶液で加熱することで最も軽い紙が製作できることがわかった。

キーワード パルプ リグニン セルロース ヘミセルロース

## 1. 目的

パルプを製作する際の加熱時間、薬品の種類、原料の種類と紙の質量の関係を明らかにする。

## 2. 仮説

紙は木材をはじめとする植物から作られている。パルプを製作する過程では、繊維であるセルロースとヘミセルロースを固める接着剤の役割をしているリグニンを塩基性の薬品で加熱して取り除いている。このことから、リグニンを多く除去できると柔らかいパルプとなり、純粋な繊維を取ることができ、軽い紙を製作できると考えたため、次の仮説を立てた。(1) 加熱時間が長いほど紙は軽くなる。(2) 使用する薬品の塩基性が強いものほど紙は軽くなる。また、原料によって繊維の性質が異なると考え、(3) 原料を変えることで紙は軽くなる。

## 3. 実験 1～3 で使用した器具・材料

器具：

メスシリンダー、金網、ガスバーナー、三脚、電子天秤、ビーカー、葉さじ、ガラス棒、チャッカマン

材料：

おがくず (木曽ヒノキ)、メヒシバ、純水、炭酸水素ナトリウム、水酸化ナトリウム

## 4. 実験 1～3 の手順

### 実験 1

仮説(1)について木材を加熱してパルプを作る際、加熱時間によってパルプの様子に変化がみられるか調べる。

・以下の条件で加熱して、パルプを作成する。

パルプ A 1 時間、炭酸水素ナトリウム水溶液 (0.66mol/L・500mL)、木曽ヒノキ (25.0g)

パルプ B 2 時間、炭酸水素ナトリウム水溶液 (0.66mol/L・500mL)、木曽ヒノキ (25.0g)



図 1 木曽ヒノキ



図 2 パルプ A



図 3 パルプ B

- ・加熱後、水道水で洗う。
- ・加熱後のパルプ A、B の様子を比べる。

### 実験 2

仮説 (2) について木材を加熱してパルプを作る際に使用する薬品の種類によってパルプの様子に変化がみられるか調べる。

- ・以下の条件で加熱して、パルプを作成する。  
パルプ C 1 時間、水酸化ナトリウム水溶液 (3.0mol/L・500mL)、木曾ヒノキ (25.0g)



図 4 パルプ C

- ・加熱後水道水で洗う。
- ・加熱後のパルプ A、C の様子を比べる。

### 実験 3

仮説 (3) についてパルプにする木材の種類によってパルプの様子に変化がみられるか調べる。

- ・以下の条件で加熱して、パルプを作成する。  
パルプ D 30 分、水酸化ナトリウム水溶液 (3.0mol/L・500mL)、メヒシバ (25.0g)
- ・1 時間煮る予定だったが、すぐに柔らかくなったため 30 分で切り上げた。



図 5 メヒシバ



図 6 パルプ D

- ・加熱後、水道水で洗う。
- ・加熱後のパルプ C、D の様子を比べる。

## 5. 結果

表 1 加熱後のパルプの柔らかさ

	A	B	C	D
加熱中の柔らかさ	○	○	○	○
加熱後の柔らかさ	×	×	×	○
繊維が取れたか	×	×	×	×



図 7 パルプ A

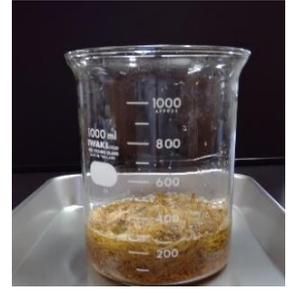


図 8 パルプ B

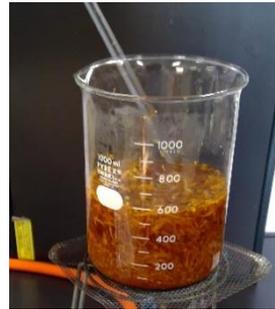


図 9 パルプ C

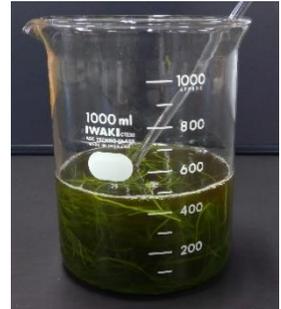


図 10 パルプ D

## 6. 考察

### 実験 1

- ・加熱時間によって加熱後のパルプの柔らかさはあまり変わらない。
- ・炭酸水素ナトリウム水溶液の濃度が小さかった。
- ・加熱時間が少なかった。

### 実験 2

- ・薬品によって、加熱後の柔らかさは変化する。
- ・パルプ A よりもパルプ C のほうが柔らかくなったため、塩基性が強いほうが繊維を取れる。

### 実験 3

- ・原料によって加熱後のパルプの柔らかさは変化する。

・パルプCよりもパルプDのほうが柔らかくなったので、イネ科植物のほうが繊維を取れる。

#### 実験1～3を通して

・どのパルプも繊維だけを取り出すことができなかつた理由として、加熱時間が2時間程度では足りていないこと、使用した薬品の塩基性が弱かつたこと、行った実験よりも高温高圧で加熱する必要があることなどが考えられる。

#### 7. 実験4で使用した器具・材料

器具：

バット、箆桁 (24.5×27.4 cm)、ビーカー、電子てんびん、葉さじ、ガラス棒、アイロン、アイロン台、布、乳鉢、乳棒

材料：

パルプA、B、C、D、水道水

#### 8. 実験4の手順

##### 実験4

- ・パルプA～Dを乳鉢に入れ乳棒で叩き繊維を分離しやすくする。
- ・バットに深さ3cmほど水を張り、箆桁を入れる。
- ・パルプA～Dをそれぞれ箆桁に流し入れておく。
- ・アイロン台に布をしき、すいたパルプを乗せる。
- ・布で挟みアイロンをかけ乾燥させる。

#### 9. 結果

- ・パルプA～Cは、繊維同士が絡まず触るとバラバラになってしまった。
- ・パルプDは紙の形にはなつたが、均一な繊維は取り出すことができなかつた。



図11 パルプA



図12 パルプB



図13 パルプC



図14 パルプD

#### 10. 考察

- ・おがくずのような繊維が固いものは、強塩基の水溶液を使つても繊維を取り出せない。
- ・繊維をよく分離しなければ、繊維同士が絡み合わず、紙はバラバラになってしまう。

#### 11. 仮説2

実験1～4では、おがくずやメヒシバを材料に紙を作ることは、今ある環境ではできないと判断したため、既成パルプを用いることにし、前述の結果を踏まえて次のような仮説を立てた。(4)パルプを加熱することで紙は軽くなる。(5)水酸化ナトリウム水溶液で加熱することで紙は軽くなる。(6)材料の質量を減らすことで、紙の厚さが薄くなり、紙が軽くなる。

#### 12. 実験5・6で使用した器具・材料

器具：

バット、箆桁 (24.5×27.4 cm)、ビーカー、メスシリンダー、電子てんびん、葉さじ、ガラス棒、ガスバーナー、チャッカマン、金網、三脚、アイロン、アイロン台、布、ミキサードジタルマイクロメーター

材料：

既成パルプ、水道水、水酸化ナトリウム水溶液

#### 13. 実験5・6の手順

##### 実験5

仮説(4)に対してパルプの条件を次のように変える。

パルプE 加熱なし、既成パルプ (6.0g)

パルプF 加熱10分、  
既成パルプ (6.0g)

パルプG 加熱あり10分、水酸化ナトリウム水溶液(3mol/L・500mL)、  
既成パルプ (6.0g)  
加熱後中和する。

- ・ 5 分間ミキサーにかける。
- ・ 実験 4 と同様にすく。
- ・ 全体の質量を量る。
- ・ 5cm×5 cmに切り取りそれぞれの重さを量る。
- ・ デジタルマイクロメーターで厚みを測る。

#### 実験 6

仮説 (5)、(6) に対してパルプの条件を次のように変える。

パルプ F 既成パルプ (6.0g)

パルプ H 既成パルプ (5.0g)

パルプ I 既成パルプ (4.0g)

- ・ 10 分間加熱し、5 分間ミキサーにかける。
- ・ 実験 4 と同様にすく。
- ・ 全体の質量を量る。
- ・ 5cm×5 cmに切り取りそれぞれの重さを量る。
- ・ デジタルマイクロメーターで厚みを測る。

#### 1 4. 結果

##### 実験 5

表 2 紙の質量と厚さ

	E	F	G
全体の質量 [g]	4.86	5.16	3.50
面積あたりの質量 [g/cm <sup>2</sup> ]	$8.48 \times 10^{-3}$	$8.32 \times 10^{-3}$	$5.50 \times 10^{-3}$
平均の厚さ [mm]	0.172	0.201	0.158



図 15 パルプ E



図 16 パルプ F



図 17 パルプ G

##### 実験 6

表 3 紙の質量と厚さ

	F	H	I
全体の質量 [g]	5.16	3.68	3.35
面積あたりの質量 [g/cm <sup>2</sup> ]	$8.32 \times 10^{-3}$	$5.70 \times 10^{-3}$	$5.96 \times 10^{-3}$
平均の厚さ [mm]	0.201	0.118	0.119



図 18 パルプ F



図 19 パルプ H

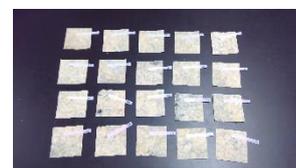


図 20 パルプ I

#### 1 5. 考察

##### 実験 5

- ・ 強塩基の水溶液での加熱が最も繊維を分離することができる。
- ・ 強塩基の水溶液での加熱によって、紙を軽くすることができる。

##### 実験 6

- ・ 材料の質量を減らすことで、紙が軽くなる。

#### 1 6. 展望

- ・ 薄い紙を作る。
- ・ 紙のむらをなくす。
- ・ 紙の強度を調べる。
- ・ 既成のパルプを加熱して製作した紙、薬品を用いて加熱した紙をもう一度作りデータを得る。

#### 1 7. 謝辞

本実験にあたりご指導いただきました桑原先生、市川先生、花田先生、協力していただいた小林ロクロ工房様、他皆様に感謝申し上げます。

#### 1 8. 参考文献

- ・ 『ブルーボックス 紙のなんでも小辞典 パピルスからステンレス紙まで』 編 紙の博物館 出版社 講談社 (2007 年)

- ・和紙の製造工程 アワガミファクトリー

<http://www.awagami.or.jp/iroha/process/index.html> (2024年12月12日)

- ・紙ってなにからつくる？ 紙の原料から紙ができるまで！工場タイムス

<https://04510.jp/times/technology/article16/> (2024年12月12日)

- ・林野庁ホームページ

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/mokusan/pdf/080425-14.pdf> (2024年7月31日)

- ・紙と木材構造の違い

<http://www3.wind.ne.jp/a2480/4pla/2gou/9seruro/3.htm> (2024年7月31日)