

# 燃えない紙の研究

3612 瀬瀬真菜    3504 鶴飼彩菜    3515 小林優奈    3601 伊佐地純    3605 梅村友禎

## 要旨

私たちは今回、書類等の焼失を防ぐために、紙を燃えなくする方法を探した。そこで、既存の難燃剤について調べた。その結果ホウ酸溶液を紙に塗ることで紙が燃えなくなるのではないかと考え、ホウ酸の溶けやすい溶液にホウ酸を溶かし、燃焼実験を行った。炭酸カリウム、炭酸ナトリウム、炭酸カルシウムの各水溶液にホウ酸を溶かし、紙に塗ることで燃えにくくなることがわかった。その後、より高濃度のホウ酸溶液を作成した。

## 1. 目的

紙を燃えなくする方法を見つけ、重要な書類等の焼失を防ぐ。

## 2. 実験

### I 紙燃焼実験

#### (1) 実験目的

不燃材、難燃剤に使用されているホウ酸を様々な溶液に溶かし、その溶液を塗ることで紙の不燃化を目指す。

#### (2) 仮説

消火剤に使用されているホウ酸を溶かした溶液を塗ることで紙は燃えなくなる。

#### (3) 使用器具

##### (i) ①～④に共通するもの

- ・ホウ酸    ・水    ・電子天秤
- ・ビーカー    ・薬包紙    ・筆
- ・ろ紙    ・マッチ    ・ガラス棒
- ・マグネティックスターラー
- ・ストップウォッチ

##### (ii) ①で使用するもの

- ・エチレングリコール

##### (iii) ②で使用するもの

- ・炭酸カリウム    ・硝酸カリウム
- ・ポピドンヨード

##### (iv) ③で使用するもの

- ・炭酸ナトリウム    ・炭酸カルシウム

##### (v) ④で使用するもの

- ・ホウ砂

## II 紙燃焼実験①

ホウ酸について調べた際にエチレングリコールに溶けやすいという記述を見つけたため、エチレングリコールを使用する。

### (1) 方法

- (i) 水 10mL、エチレングリコール 10mL をそれぞれビーカーに入れる。
- (ii) マグネティックスターラーを使用し、各溶液にホウ酸を 0.55g 溶かす。
- (iii) 各溶液にろ紙を 2 枚用意し、塗った部分がマッチの火で燃えるか、周囲が燃えている状態で燃え残るかを調べるために、1 枚は中心部に、もう 1 枚は全体に溶液を塗る。
- (iv) 自然乾燥させたろ紙にマッチで火をつけ、火が消えるまでの時間を計測する。

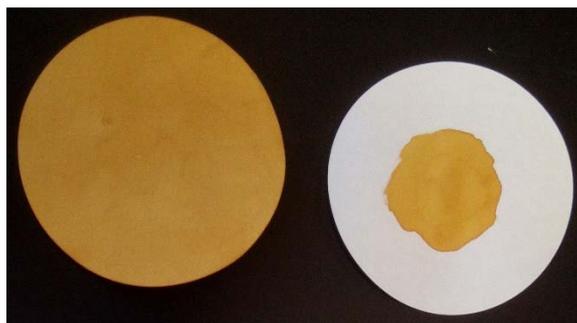


図 1 塗り方の様子 左が全体 右が中心部

## (2) 結果①

下表のような結果を得た。

表 1 紙燃焼結果①

	中心部の燃焼時間	全体の燃焼時間	様子
ろ紙のみ	——	1 : 14	
水	1 : 13	1 : 22	
エチレングリコール	1 : 19	1 : 35	塗った部分が燃えにくくなった

ホウ酸を溶かした溶液を塗ることで紙は燃えにくくなる。

## III 紙燃焼実験②

ホウ酸は炭酸化合物及び硝酸化合物に溶けやすいという記述があったので、炭酸カリウムと硝酸カリウムを使用する。

### (1) 方法

(i) ビーカー2つに水を10mL入れ、1つに炭酸カリウム1g、もう1つに硝酸カリウム7.5gを溶かす。

※硝酸カリウムは溶けきらなかった。

(ii) マグネティックスターラーを用いて、炭酸カリウム水溶液、硝酸カリウム水溶液、ポピドンヨードにホウ酸を溶かし、飽和溶液をつくる。

(iii) 各溶液にろ紙を2枚用意し1枚は中心に、もう1枚は全体に溶液を塗る。

(iv) 自然乾燥させたろ紙にマッチで火をつけ、火が消えるまでの時間を計る。



図 2 炭酸カリウムを中心部のみに塗ったもの

## (2) 結果②

下表のような結果を得た。

表 2 紙燃焼結果②

	ホウ酸が溶けた量 (g)	中心部の燃焼時間	全体の燃焼時間	様子
炭酸カリウム	3.0	1 : 24	火が付かない	塗った部分は燃えなかった
硝酸カリウム	1.0	1 : 34	1 : 35	シュワシュワと音がなった
ポピドンヨード	1.0	1 : 35	1 : 19	紙の表面にホウ酸の結晶がみられた

炭酸カリウム水溶液にホウ酸を溶かした溶液を中心部のみに塗ったものは、塗った部分のみ燃え残っている。

他の2つに比べて炭酸カリウムにはホウ酸がよく溶けた。



図 3 炭酸カリウムを全体に塗ったもの

## IV 紙燃焼実験③

前実験より、炭酸化合物の水溶液にホウ酸を溶かして飽和溶液をつくり、紙に塗ることで燃えなくさせる。また前回の対照実験として、炭酸カリウム水溶液のみを塗った紙で燃焼実験を行った。

### (1) 方法

(i) 水10mlに炭酸ナトリウム2.2g、炭酸カルシウム0.5gを溶かす。

※このとき炭酸カルシウムは溶けきらなかった。

- (ii) マグネティックスターラーを用いて、各溶液にホウ酸を溶かし、飽和溶液をつくる。
- (iii) 各溶液にろ紙を2枚用意し、1枚は中心部に、もう1枚は全体にそれぞれ溶液を塗る。
- (iv) 溶液を塗ったろ紙を自然乾燥させ、マッチで火をつけ、火が消えるまでの時間を計測する。

(2) 結果③

下表のような結果を得た。

表3 紙燃焼結果③

	ホウ酸が溶けた量 (g)	中心部の燃焼時間	全体の燃焼時間	様子
炭酸ナトリウム	2.0	2:13	火が付かない	塗った部分は燃えなかった 表面に結晶が見られた
炭酸カルシウム	1.0	2:09	0:44	中心部は塗った部分が燃えず、全体は周囲5cm程度燃えた 表面に結晶が見られた
炭酸カリウムのみ	—	1:19	火が付かない	塗った部分は燃えなかった 表面に結晶が見られた

同じ炭酸化合物でもホウ酸の溶け方に違いがみられる。



図4 炭酸ナトリウムを全体に塗ったもの

V 紙燃焼実験④

より高濃度のホウ酸溶液を作成するため、金沢工業大学の露本伊佐男教授に助言をいただき、ホウ酸とホウ砂の水溶液を用いて燃焼実験をした。

(1) 方法

- (i) 水 100ml に対しホウ砂 25g、ホウ酸 20g をマグネティックスターラーで加熱しながら溶かす。
- (ii) ろ紙を2枚用意し、1枚は中心部に、もう1枚は全体にそれぞれ溶液を塗る。
- (iii) 溶液を塗ったろ紙を自然乾燥させ、マッチで火をつけ、火が消えるまでの時間を計測する。

(2) 結果④

下表のような結果を得た。

表4 紙燃焼実験④

	中心部の燃焼時間	全体の燃焼時間	様子
ホウ酸、ホウ砂	0:48	火が付かない	塗った部分は燃えなかった 表面にホウ酸の結晶らしきものは見られなかった

### 3. 全実験の結果

ホウ酸を多く溶かすことで、紙を燃えなくさせることができた。その中でも、ホウ砂とホウ酸を混ぜて溶かすことで、最も多く溶かすことができた。

### 4. 全実験の考察

紙が燃えなくなったのはホウ酸が燃焼したときにガラスの原料であるケイ素と似ている網目構造の  $\text{BO}_3$  が生成されるからである。この固体が燃焼物質を覆うことで酸素、熱を遮断し延焼を防ぐ。

炭酸カリウム水溶液のみを塗った紙が燃えなかったのは、炭酸カリウムに負触媒効果があるからである。負触媒効果とは燃焼を抑制する効果のことである。

ホウ酸自体は水に溶けにくい物質であるが、水に溶けやすい物質であるホウ砂を加えることによって、水和しやすくなり、高濃度のホウ酸溶液の作成ができる。

### 5. 結論

ホウ酸を多量に溶かした溶液を紙に塗ることで、紙を燃えなくさせることが可能である。

### 6. 今後の展望

高濃度ホウ酸溶液を使用して、塗る方法以外で燃えない紙を作製したい。

また、ホウ酸を用いない方法についても今後の実験で探していきたい。

### 7. 参考文献

- (1) 不燃化技術の総合ブランド不燃液・難燃剤「SOUFA」

<http://soufa.jp/>

- (2) ニッケグループ

<http://www.nikke.co.jp/>

- (3) 株式会社竹川工務店

<http://takekawa-k.co.jp/cel.html>

- (4) 自然発火、消火の理論、消火剤の解説

<http://otu4.mayap.net/kiso/kiso9.htm>

- (5) 消防庁消防大学校消防研究センター

<http://nrifd.fdma.go.jp/>

- (6) Inorganic Chemistry Communications

Preparation of highly concentrated aqueous solution of sodium borate

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1387700306003327>

### 8. 謝辞

今回の研究では、金沢工業大学の露本伊佐男教授に助言をいただきました。お礼申し上げます。