

燃えない紙の研究

2614 瀬瀬真菜 2504 鶴飼彩菜 2514 小林優奈 2606 梅村友慎

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。身近にある布の燃焼実験の結果を受け、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。

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。

(5) 結果

下表のような結果を得た。

表 1 布燃焼結果

素材名	材質	燃焼時間	様子
フリース	ポリエステル 70% 綿 30%	3:20	1/2 燃えた
タオル	綿 100%	1:15	1/4 燃えた
ジーンズ	綿 95% ポリウレタン 5%	2:07	3/4 燃えた
軍手	綿 100%	3:37	1/2 燃えた
アクリル	アクリル 100%	0:50	激しく燃えた
T シャツ	ポリエステル 100%	0:17	1/4 溶けた
セーター	毛 85% ナイロン 15%	火が付かない	
ジャージ	ポリエステル 100%	火が付かない	

2. 実験

I 布燃焼実験

(1) 目的

身近にある繊維の中で燃えにくいものを調べ今後の実験への足掛かりとする。

(2) 仮説

燃焼事故のある化学繊維 100%のジャージは燃えやすく、天然繊維 100%の軍手、タオルは燃えにくい。

(3) 使用器具

(i) 燃焼素材

- ・フリース ・タオル
- ・ジーンズ ・軍手
- ・アクリル ・ジャージ
- ・T シャツ ・セーター

(ii) 器具

- ・マッチ ・ストップウォッチ

(4) 方法

8 種類の布を 5×5cm に切りそろえてマッチで火をつけ、燃焼時間を計測する。

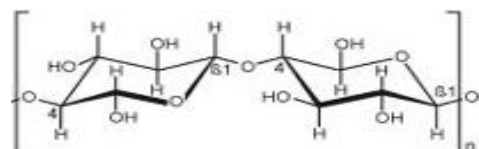
有機物の多くは燃えやすいが、燃え方に違いがあることがわかった。

ポリエステルやナイロン、綿、毛は燃えにくかった。

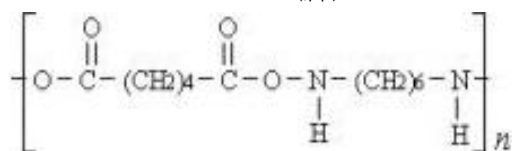
(6) 考察

ポリエステルは緩やかに溶解しながら燃えていくため延焼しにくい。また、羊毛は繊維内に多量の窒素や水分を含んでいるため燃えにくく、燃焼速度が遅い。さらに、羊毛の発火温度は 570～600℃と高く、燃焼熱が 21kJ/g と低いことも影響している。

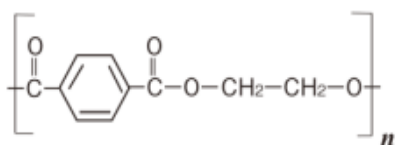
燃えにくかったものの構造式



セルロース (綿)



ナイロン 66



ポリエチレンテレフタレート

II 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) ①～③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

(4) 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。

(5) 方法

- 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。
- 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。
- 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。

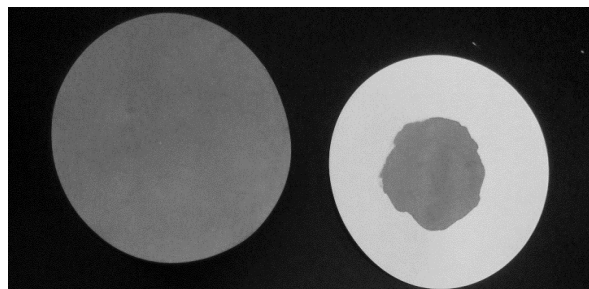


図 1 塗り方の様子 左が全体 右が中心部

- 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。

(6) 結果①

下表のような結果を得た。

表 2 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。

(2) 結果②

下表のような結果を得た。

表 3 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	シュワシュワと音になった
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。

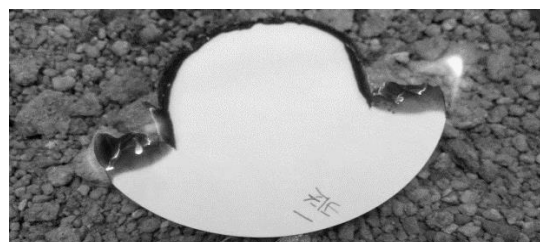


図 2 炭酸カリウムを中心部のみに塗ったもの

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4 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
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
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

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3 炭酸ナトリウムを全体に塗ったもの

3. 全実験の結果

炭酸カリウム水溶液と炭酸ナトリウム水溶液に、それぞれホウ酸を溶かして紙に塗ることで、紙は燃えなくなった。

4. 全実験の考察

ホウ酸が多く溶ける溶液にホウ酸を溶かし、濃度の高いホウ酸溶液を紙に塗ることで、紙は燃えなくなる。これ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 B_2O_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。

また、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。



図4 炭酸カリウムを全体に塗ったもの

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

ホウ酸をいかに多く溶かすことができるかを検証したが、溶けやすい溶液は他にも存在すると考えられるため、今実験で使用していない溶液についても実験をしていきたい。

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>