

布の防食性について

静岡県立清水東高等学校
理数科 3 年 大木俊輔 他 5 名

1 動機

防火服、防弾服など身を守る服に興味を持ち、自分たちに身近である薬品から身を守る強い布は作成できないかと思い、この研究に取り組むことにした。また、その点において現在使われている白衣はその役割を果たしているのだろうかという疑問を持った。

2 目的

酸の各濃度とそれに対する布の強度の関係を調べ、より酸に強い布や加工方法を探る。

3 実験 1

(1) 準備

使用道具 100mL ビーカー ビー玉(2.5g 直径12mm) 2mL 駒込ピペット 輪ゴム ストップウォッチ

使用薬品 硫酸(16mol/L) リン酸(15mol/L) 酢酸(17mol/L) 塩酸(11mol/L)
硝酸(14mol/L)

使用布 A ポリエステル(人工繊維) B ナイロン(人工繊維) C 綿(植物繊維)
D ウール(動物繊維) E シルク(動物繊維) F レーヨン(再生繊維※)

※ 再生繊維とは、セルロースを適当な溶媒に溶かし、加工したもので、植物繊維と似た性質を示す。

(2) 方法

- ① 上図 2 のように、ビーカー上面に布を張って輪ゴムで固定し、上にビー玉を乗せる。
- ② 2mL 駒込ピペットを使い、ビー玉に薬品を 6 滴滴下する。
- ③ 酸の 1 滴目を滴下した時からビー玉がビーカーに落下するまでの時間を、ストップウォッチで測定する。このとき、20 分以上経過してもビー玉が落下しない場合、記録を斜線として表示する。(下図 3、4 参照)



図 2 実験方法



図 3 実験の様子



図 4 実験終了

(3) 仮説

- ① 強酸では水素イオン濃度が高いため溶けるのが早く、弱酸では遅い。
- ② 植物繊維は酸に弱いといわれているため、動物繊維に比べ溶けやすい。
- ③ 人工繊維は酸への耐性がある。

(4) 結果

表 1 様々な酸と布の耐性

	A	B	C	D	E	F
酢酸(17mol/L)						
塩酸(11mol/L)		116				
		376				
硝酸(14mol/L)		47				
		51				
リン酸(15mol/L)		936				
硫酸(16mol/L)	81	487	416			1162
	75	87	537			881
	82	80	447			842
		80				

数値はビー玉が落ちるまでの時間(s)

実験結果は上表 1 のとおりであった（斜線部は 20 分以上経過）。ただし、20 分以上経過した布にも、変色したものや、明らかに脆くなっているものが確認できた。

(5) まとめ

ナイロンについては仮説①のとおりであったが、他の布に関してはほとんどが硫酸以外の酸に対して 20 分以上経過する結果となったため、仮説①に正確な証明はできなかった。

硫酸の結果を見ると、綿は 20 分以内に溶けているのに対し、ウール、シルクは 20 分以上経過していることから、硫酸に対する耐性としては、仮説②は正しかったといえる。この理由として、セルロースにはヒドロキシ基(-OH)が含まれているため、硫酸の脱水作用を受けたことが考えられる。しかし、人工繊維は硫酸に対し、他の分類の布よりもはるかに早く溶けるという予想外の結果が得られ、仮説③は間違いであったことが証明された。また、この理由として、硫酸の水素イオンによりアミド結合やエステル結合が加水分解をしたことが考えられる。

(6) 展望

本来実験で使う薬品から身を守るはずの白衣には A の繊維が 65% と多く含まれているが、白衣の硫酸に対する耐性はどれくらいなのかを調べる。（実験 2）

B の布の測定時に一度だけ現れた大きな値の理由を調べる。（実験 3）

4 実験 2

(1) 準備

使用道具、薬品は実験 1 と同様 使用布 白衣(A65%、C35%)

(2) 方法

実験方法も実験 1 と同様

(3) 仮説

A と C から成る繊維のため A より長く、C よりも短い時間で溶けると考えられる。

(4) 結果

結果は下表 2 のとおりであった。（斜線部は 20 分以上経過）白衣は 12mol/L 以下の硫酸では 20 分以

上経過するという結果が得られた。

表2 白衣の硫酸各濃度への耐性

	硫酸16mol/L	硫酸14mol/L	硫酸12mol/L	硫酸8mol/L
一回目	399	462		
二回目	418	466		
三回目	428	454		
四回目	416			
五回目	428			
六回目	432			

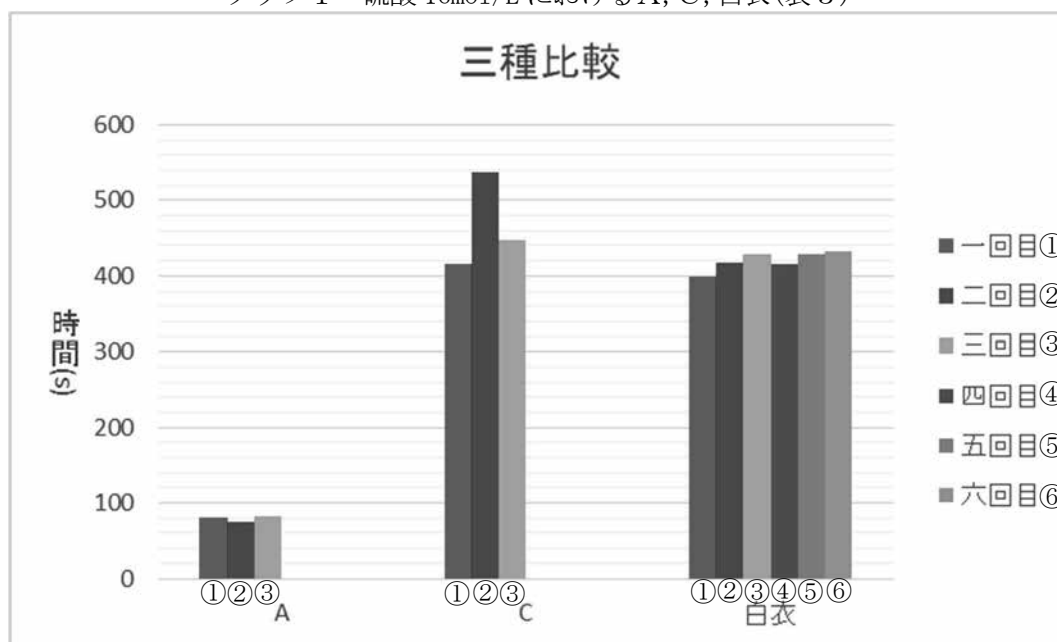
表3 AとCと白衣の比較

	A	C	白衣
一回目	81	416	399
二回目	75	537	418
三回目	82	447	428
四回目			416
五回目			428
六回目			432

数値はビー玉が落ちるまでの時間(s)

上表3、下グラフ1から分かるように、白衣はAとCの中間よりもCに近い性質を示している。

グラフ1 硫酸 16mol/LにおけるA, C, 白衣(表3)



(5) まとめ

12mol/L以下の硫酸で白衣が溶けなかった理由としては、エステル結合やセルロースを分解する十分な量の水素イオンが布に対して供給されなくなったことが挙げられる。また、仮説は間違っていた。実際、白衣がなぜ前述のような繊維の配合の割合であるのかを白衣メーカーに問い合わせたが、明確な答えを得ることができなかった。しかし、この結果から、白衣を防食性の面から考えると、安価なポリエステルを基本として、硫酸に対する最低限の耐性を確保するための配合なのではないかという考察ができる。

表1 様々な酸と布の耐性(再掲)

	A	B	C	D	E	F
酢酸(17mol/L)						
塩酸(11mol/L)		116				
		376				
硝酸(14mol/L)		47				
		51				
リン酸(15mol/L)		936				
硫酸(16mol/L)	81	487	416			1162
	75	87	537			881
	82	80	447			842
		80				

数値はビー玉が落ちるまでの時間(s)

5 実験3

(1) 目的

Bの測定値に大きな値(右表1 赤丸部分)がみられたが、その原因を明らかにすること。

(2) 準備

使用道具、薬品は実験1と同様。

使用布 B. ナイロン(表裏区別あり)

(3) 方法

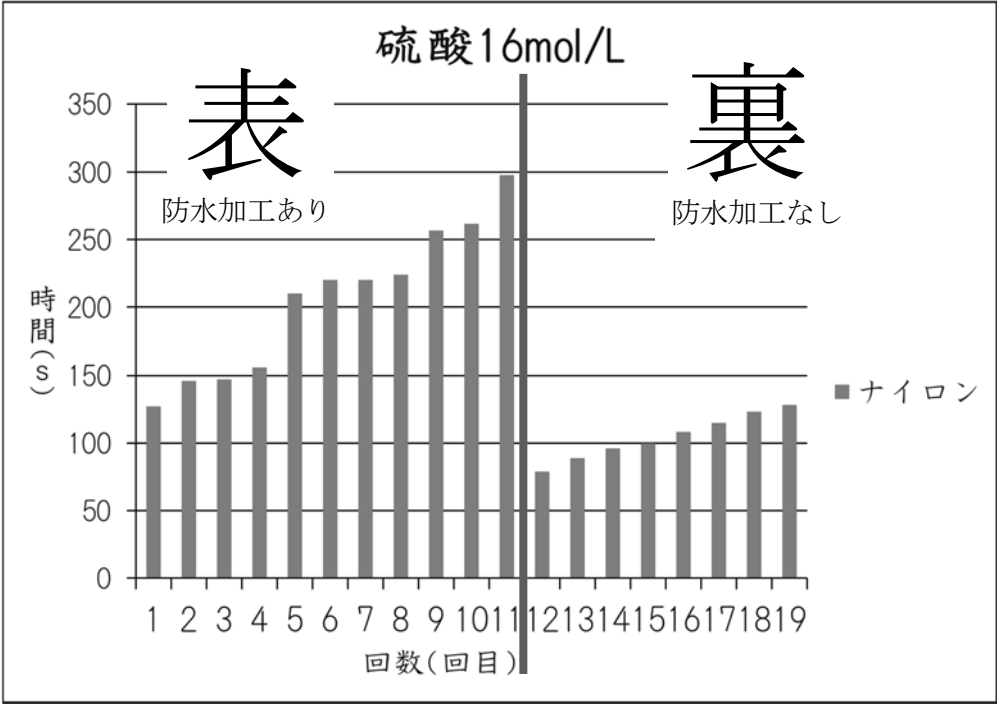
実験方法も実験 1 と同様。

(4) 仮説

布の販売店に問い合わせたところ、Bの布は表に防水加工が施されていることが判明した。我々は防水加工が施されることによる布の耐性の変化に注目した。

(5) 結果

結果は上グラフ 2 のようになった。ナイロンの表は硫酸に対して裏よりも耐性が高いことがわかる。ナイロンについて、防水加工により耐性が高まることが示された。



グラフ 2 Bの防水加工がある面(表)とない面(裏)の耐久度の差

(6) まとめ

防水加工を施すことによって耐久性を高められることが確認できた。

(7) 今後の展望

まとめより白衣に防水加工を施すことによって通常の白衣より硫酸への耐性がある白衣ができるのではないか。(実験 4)

6 実験 4

(1) 目的

白衣に防水加工を施し、耐久性を高める。

(2) 方法

- ① 白衣を適当な大きさにカットする。
- ② 防水スプレーを吹き付ける
- ③ 錘で押さえ、しばらく待つ。
- ④ 実験 1 と同様に実験を行う。

(3) 仮説

白衣に防水加工を施すことで耐久性が高まる。

(4) 結果

結果は上表 4、下グラフ 3

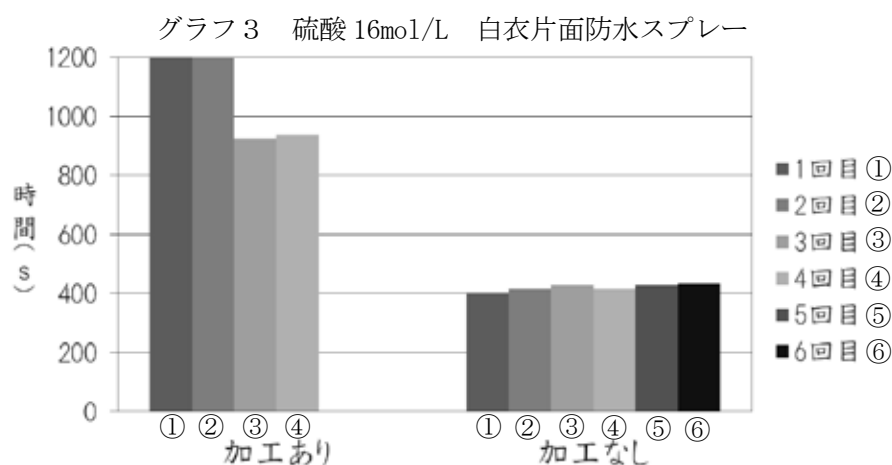
表 4 硫酸 16mol/L 白衣片面防水スプレー

	加工あり	加工なし
1回目		399
2回目		418
3回目	924	428
4回目	938	416
5回目		428
6回目		432

のとおりであった。白衣でも防水加工により耐性が高まることが確認できた。

(5) まとめ

防水スプレーの成分は主にテフロン樹脂である。これは主にフッ素、炭素からなり、これが布の表面を覆うことで硫酸の作用から布を保護したと考えられる。



7 全体のまとめ

人工繊維(A, B)は天然繊維(C, D, F)に比べて、硫酸に弱かった。天然繊維の中でも動物繊維であるシルク、ウールは植物繊維である綿より耐久性が高かった。白衣はポリエステルよりも硫酸に強かったが、綿と同等かそれ以下の耐性であった。防水スプレーを使用することにより、硫酸に対する耐性が強くなった。

8 考察

硫酸の電離による水素イオンが触媒となって、エステル結合やアミド結合が切断される(加水分解)ことから、人工繊維には硫酸に対する耐性がないと考えられる。(下図5～7参照)

しかし、天然繊維にも、人工繊維と同様の結合が存在するものの、硫酸に対する耐性があることから、さらに 検証が必要であるといえる。

綿は、ヒドロキシ基(-OH)があり(上図8)硫酸の脱水作用によって、炭化が起こり、結合が失われた。防水スプレーの主成分であるテフロン樹脂は付加重合であるため、酸性や脱水作用が影響しなかったために硫酸に対する耐性があったと考えている。

今回の実験の反省として、予想に反し硫酸以外の薬品の反応が顕著に表れなかったことや、1つの布に関して時間に差が出てしまったことが挙げられる。前者については、布の変色や劣化は見られたことから、ビー玉の重さを変えたり重りを吊るしたりするなどして強度を調べるといった方法が考えられるのではないかと思います。

後者の原因としては、室温などの外的要因が挙げられるため、実験の際、室温を測定しておくなどの方法をとることができると思われる。

白衣に関しては、硫酸への耐性は確認されたが、なぜポリエステルに混ぜられている繊維が動物繊維でなく綿であるのかという疑問が残る。これは酸だけでなく塩基への耐性も考えられているなどの予想ができる。

9 今後の展望

- ・塩基性の溶液に対する耐性を調べる実験を行う。
- ・防水加工とは別のより優れた加工方法を調べる。
- ・布の厚さ、縫い方などの繊維とは別の要因との関係を調べる。
- ・強酸と弱酸で結果に違いが生じるか調べる。

10 参考文献

- 「こわくない有機化合物超入門」 船山信次 (技術評論社)
「図解 繊維がわかる本」 平井東幸 (日本実業出版社)