

糸の種類とろ過性能の関係について

宮城県仙台第三高等学校

災害時、緊急時等における安全な水の確保の手段として、簡易ろ過装置が挙げられる。また、その材料として、主に活性炭、小石、砂利、ティッシュペーパー、そして布が用いられる。しかしながら、他の素材については明記されているものの、布においては、どのような構造、原料がろ過に最も適しているのか、いくつもの文献を確かめても明記されていなかった。地球温暖化の進行による自然災害の異常発生や、南海トラフ巨大地震等の大規模な地震の発生の可能性が非常に高い現代の日本において、避難所、災害によって孤立した地域における、自衛隊派遣による救援、救助が来るまでの安全な水の確保は簡易ろ過装置に依存するしかない。しかし、どのような構造、原料の布がろ過に最も適しているか分からないこの現状では、より安全な水を確保することは難しいと考えた。そこで私達は、本校57回生の先行研究を参考に、糸の種類に着目してろ過性能に最も適した布の研究を始めた。方法としては、溶液の濁り具合の指標である濁度を基準として、ろ液の濁度から布のろ過性能を確かめた。しかし、実験の際に、汚れた液体を模したカオリン水に含まれるカオリナイトという鉱物は、非常に沈殿しやすい性質を持っていたことに加え、実験装置の不備から、濁度の正確な測定が困難ということが分かった。そこで、新たな実験方法として、布に付着したカオリナイトの量からろ過性能を評価することにした。結果としては、実験は成功し、綿が最もろ過に適している糸素材であるということが判明した。

1 背景

簡易ろ過装置の材料の1つとして、布を用いる。これは、比較的小さな不純物を除去する役割を持っている。しかし、最もろ過に適している布というのは、どの文献を調べても明記されておらず、このままでは災害時等におけるきれいな水の確保が確実とは言えない状況が続くと考えた。また、本校の57回生の先行研究から、ジーンズを作る際に用いられる平織りが、ろ過に最も適した布であるということがわかった。そこで、私達はジーンズがろ過性能の高い理由を考察することにした。理由として考えられるのは、織り方に理由がある場合と、糸の素材にある場合がある。同じ糸でさまざまな織り方をすることは、不可能である。なぜなら、織り方によってはその糸が耐えられないからである。よって、布に用いられる糸に着目し、最も濾過に適した糸素材を研究した。

2 材料と方法

◎課題: 今回の一連の実験における課題は、実験材料として使われた、8種類の平織りの布である。これは、本来科学の分野において染色の実験に用いられるもので、素材の異なる8種類の布が1枚の布状になっているものであった。そのため、実験を行う際には、1枚の布を糸同士の境目で裁断しなければならず、結果として裁断した布1枚の幅は1.2cmと非常に短くなってしまった。そのため、私達は小さな幅に正確に液体を通す実験方法の考案を余儀なくされた。結果として、以下のような実験方法を採用することにした。

◎実験1

○材料: 大きさの異なる2つのろうと、8種類の平織りの布(毛、綿、絹、アセテート、アクリル、ナイロン、レーヨン、ポリエステル)、カオリン水(カオリナイトを1000mg/Lとなるよう水に溶かしたもの、以下標準液とする。)、電子顕微鏡、2Lペットボトル(標準液の保存用)、500mlペットボトル×9、セロハンテープ

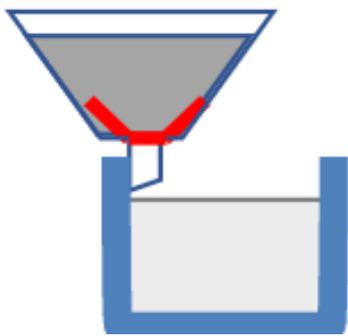


図1 実験装置

○方法:図1のように、先端を切断した、小さい方のろうとにセロハンテープを用いて布を貼り付け、それを大きい方のろうとに乗っける。装置の上部から標準液を注ぎ、濾過した液体500mlペットボトルに保存する。その後、ろ過に用いた布の様子を電子顕微鏡を用いて観察する。

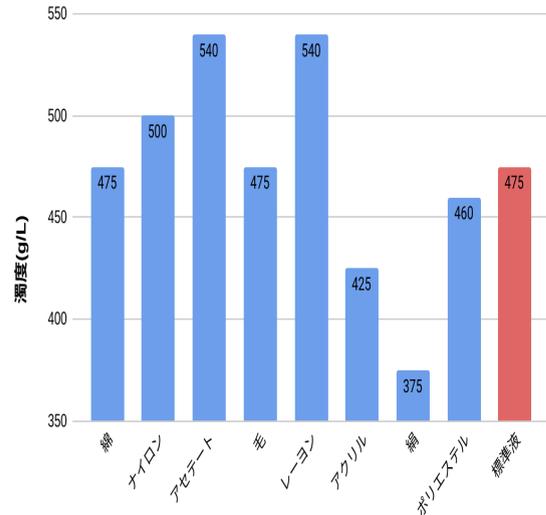


図2 各布によるろ液の濁度

○結果:図2より、アクリルと絹のろ過性能が高いことが分かるが、標準液は濁度が1000で作ったのに対し、測定結果は475になったことからカオリンの濁度が不均一で、正確に実験ができていなかったことが分かる。

○考察:カオリン水は、放置するとすぐに沈殿がおこる。そのため、実験前に意識的に標準液を振って行っていたが、標準液の濃度が均一になっておらず、布によっては高い濃度の標準液が流れてしまっていた。よって、濁度を測った際、標準液が1000ではなく475と小さな数字になってしまっていたと考えられる。また、ろ過時にろうとに布を取り付けてはいたが、布の横から液が漏れてしまったと考えられる。

◎実験2

○材料:実験1でろ過した液体と標準液、濁度計(YSI ProDSS)※石巻専修大学理工学部玉置研究室(水環境分野)の協力

○方法:濁度計で実験1でろ過した液体と標準液の濁度(FNU)を測定し、それぞれ比較する。

◎実験3

○材料:注射器、布、発泡スチロール板、カオリン水(1mgのカオリンを約20mlの純水で溶かしたもの)

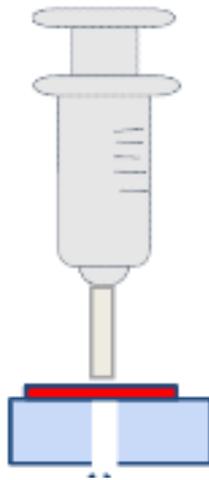


図3 実験装置

○方法:布の重さを計測する。注射器と発泡スチロール板で布(赤線)を挟み、カオリン水を布に通す。カオリン水を通した布を乾燥し重さを測り、前後で比較する。

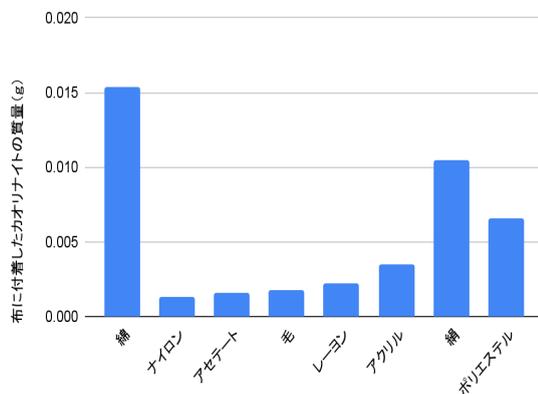


図4 それぞれの布に付着したカオリナイトの質量の比較(実験3)

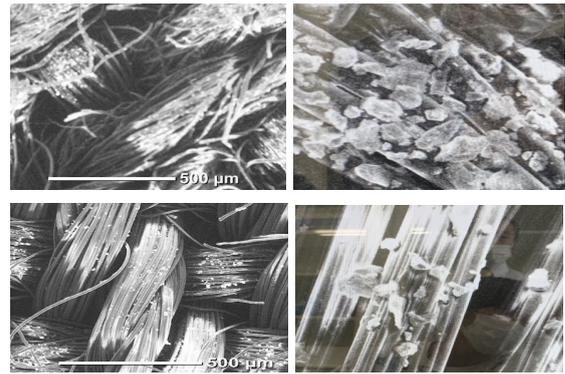


図5 ろ過後の布の表面の電子顕微鏡画像(上:綿、下:レーヨン)

○結果:図4より、実験1で濁度が高く、綿に付着したカオリナイトの量が8種の布の中で最も多かった。このことは、図5からも読み取ることができ、レーヨンの表面にはカオリナイトが少ししか付着していないが、綿の表面にはかなりの量が付着している。

○考察:図5より、実験3の結果と同様に、綿のろ過性能が高いことが考えられる。また、ジーンズは綿でできているためジーンズのろ過性能が高い理由の一つになっていると考えられる。

3 まとめと展望

○まとめ:実験1,2から、濁度を基準とする計測方法では、カオリンの沈殿などのため、ろ過性能の正確な比較ができないことが分かった。実験3では布に付着したカオリナイトの質量の違いから、ろ過性能を正確に比較することに成功した。

○展望:電子顕微鏡写真を参考にした実験結果を再現する糸のモデル化をする。(例:各布の穴の大きさを電子顕微鏡で確認し、それを実験3の結果と合わせることで布の穴の大きさと、布に付着したカオリナイトの質量の関係を一次関数のグラフに表す等)

4 参考文献

・濾過における布の性能評価
https://sengan.myswan.ed.jp/cabinets/cabinet_files/download/15714/82f6dbfa44f2fd6c08c421527dddfe23?frame_id=504

・濁度

<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/kijun/dl/k49.pdf>