

筑波大学

朝永振一郎記念

## 第15回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SE0238

応募部門 : 小学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : コロナ VS マスク

学校名 : 京都府 私立洛南高等学校附属小学校

学年 : 4年生

代表者名 : 幾野 和心

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

令和二年度

筑波大学

「科学の芽」

①-②

コロナ vs マスク

～私は糸色文寸かからない～

洛南高等学校 附属小学校  
四年二組

幾野 和心

楽しみにしていた夏休みです。でも、今年の夏休みは、とても短くなってしまいました。コロナウィルスのせいで春に学校が休みになり、その振替授業がいつものだったら夏休みの8月ありました。さらに悪いことに、まだコロナウィルスの感染は収まる気配がありません。私の家の駅やスーパーでも感染者が出ているそうです。

このウィルスの恐ろしいところは、病気を持っている人と遊んだり、直接触れたりしなくてもうつるところです。風邪のようにくしゃみや咳をした人の細かい唾液の粒（飛沫）を吸ってうつるからです。もっと恐ろしいことは、飛沫が乾燥して水気がなくなり、より小さくなった飛沫核（エアロゾル）を吸って感染することもあるらしいのです。

うちには生まれたばかりの弟がいます。私がコロナウィルスにかかったら、きっと弟もうつってしまうと思います。だから、私は絶対に感染するわけにはいきません。今、私は学校に登校するとき、お使いに出かけるとき、バレエの教室に通うとき、どこにウィルスがついているかわからないので、なるべくものを触らないことときちんとマスクをすることに気を付けています。でも、目に見えない小さな飛沫や飛沫核からマスクは本当に私を守ってくれているのでしょうか？ いろんなマスクが売っているけど、どんなマスクが良いマスクなのでしょうか？

目に見えないコロナウィルスを大きくして考えたら、コロナウィルスがマスクを通ってしまったりしないのか分かるのではないかと考えました。

## 実験 1. マスクの繊維の太さを測定しよう

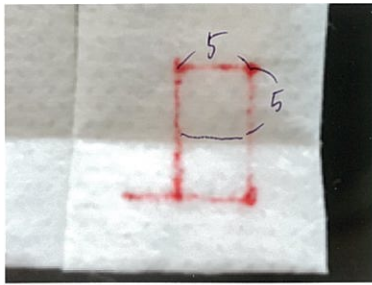
**目的** コロナウィルスの飛沫や飛沫核とマスクの大きさの関係を調べるためには、マスクの繊維の太さを調べる必要があります。

**方法** マスクの繊維はそのままで細くて測れません。繊維をつなげて 長い長い一本の円柱と考えました。次に、マスクの切れ端の体積と線維の長さ和本数を調べることで、太さ（直径）が計算できます。

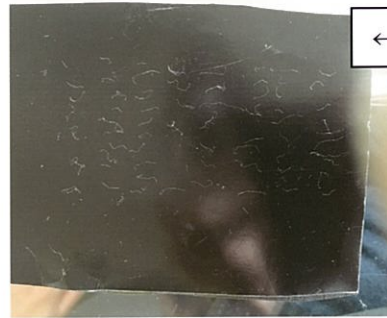


結果 1-1 繊維の長さ

(答え)  $1\text{mm}^2$  のマスクあたり 418mm



まずマスク  
 $25\text{mm}^2$  ( $5 \times 5$ ) に切り  
ました  
3枚の布が合わさ  
っているので1枚  
だけにします



←100本です

$25\text{mm}^2$  の大きさ  
の一枚だけを  
ほぐして、繊維  
の長さとお本数  
を測ります

マスクの面積	繊維の本数	平均の長さ (100本)
$25\text{mm}^2$	435本	8.01 mm

$25\text{mm}^2$  のマスクの繊維をつなげて一本の長い円柱だとすると

$$435 \times 8.01 = 3484.35\text{mm}$$

3枚重ねだとすると  $3484.35 \times 3 = 10453.05\text{mm}$

$1\text{mm}^2$  の面積ならなら  $10453.05 \div 25 = 418.122\text{mm}$

結果 1-2 体積の測定

(答え)  $1\text{mm}^2$  のマスクあたり  $0.0308\text{mm}^3$

鉛筆を水に入れたとき、あふれた水が鉛筆の体積と習いました。切ったマスクを入れて、あふれた水がマスクの体積となるはずですが、やってみると、浮かんでしまう、マスクの切れ端に気泡がついている、指や箸でやってもみずが余分にあふれてしまう、という問題がありました。



マスクの布を切り抜きます  
 $13.0 \times 5.0\text{cm}$  ( $65\text{cm}^2$ )



マスクの布を細かくします



そのままでは沈みません

このため、あふれるぎりぎりまでコップに水を入れる。あらかじめ、少し水を抜いておく（10ml）、マスクの切れ端をコップに入れ沈める。しっかり空気を抜き、取っておいた水を戻す。あふれた水を軽量。



洗剤を入れるとマスクは沈み、空気が抜けます



しっかりと空気を抜き、欠片を沈め、50gを戻します



あふれた水を測ります

あふれた水の重さを測定しましたが、0gか1gとなり正確な測定はできませんでした。

このため、注射器を使って、測定しました。

1回目	2回目	3回目	平均
0.15ml	0.25ml	0.20ml	0.20ml

マスク 13 cm × 5 cm あたり 0.20ml

マスクの大きさ	13 × 5 = 65 cm <sup>2</sup>	1cm <sup>2</sup>	1mm <sup>2</sup>
体積	0.2ml = 200mm <sup>3</sup>	200 ÷ 65 mm <sup>3</sup>	0.0308mm <sup>3</sup>

結果 1-3 マスクの繊維の太さ (答え) 9.6 μm

円柱の体積 = 3.14 × 半径 × 半径 × 長さ より

1mm<sup>2</sup>のマスクの体積 = 3.14 × 繊維の半径 × 繊維の半径 × 1mm<sup>2</sup>のマスクの長さ

0.030769mm<sup>3</sup> = 3.14 × 繊維の半径 × 繊維の半径 × 418.122mm

繊維の半径 mm × 繊維の半径 = 0.030769 ÷ (3.14 × 418.122) = 0.000023436

繊維の半径 μm × 繊維の半径 μm = 23.4360

繊維の半径 μm = 4.8 μm

繊維の太さ (直径) = 9.6 μm



実験 2. マスクの布をコロナ飛沫や飛沫核が通れないかどうか調べてみよう。

**目的** 実験 1 で計算した太さと長さの模型を作って、空気に乗って流れてくるやコロナウィルスの飛沫や飛沫核が模型を通過できるかを確かめてみます。

**方法** コロナウィルスの感染はくしゃみや咳、しゃべったときに口から飛ぶ唾液からうつります。その時、小さな唾液の粒となった飛沫（直径  $5\mu\text{m}$  ( $=5/1000\text{mm}$ ) 以上）と、飛沫核 飛沫が乾燥して小さくなった飛沫核（直径  $5\mu\text{m}$  以下）が空気中にまっけて、吸い込むとウィルスが感染します。飛沫は  $30\text{--}50\mu\text{m}$  の直径のものが多くとされており、今回は目に見える大きさで風に乗って飛ぶものを考えたところシャボン玉を思いつきました。シャボン玉なら、空気の流れに乗ることができます。シャボン玉が飛沫だとしたときに、繊維の直径を実験 1 の結果か求め、糸糸を網枠に貼って拡大したマスク布を作ります。ここに、シャボン玉を吹き付け、シャボン玉は通れるかどうかを実験してみます。

## 結果 2-1 シャボン玉の大きさを調べる

(答え) 一番小さいものは  $1.5\text{ cm}$  で 5 回に 2 回できる

シャボン玉は動いているため、なかなか大きさを測ることができない。このため、写真を撮って大きさを測る、洗面台に張り付いたものを測るという二つの方法で調べました。



方法 1



方法 2

## もっとも小さなシャボン玉の大きさ

方法1	1.7	1.5	2.0	1.5	2.0	1.8	1.5	1.9	1.5	2.4
方法2	1.8	1.5	2.2	1.5	1.9	2.0	1.5	1.8	2.1	1.5

(単位 mm)

二つの方法を使って、最も小さかったシャボン玉を 10 回ずつ測った。どちらの方法でも、1.5 cmのシャボン玉が最も小さく、10 回中 4 回が 1.5 cmとなりました。

## 結果 2-2 マスク 対 コロナ飛沫 (答え) マスクの勝ち

飛沫は  $30\text{--}50\ \mu\text{m}$  なので  $40\ \mu\text{m}$  とします。375 倍でシャボン玉 1.5 cmと同じ大きさ  
 マスクの繊維は実験 1 より  $9.6\ \mu\text{m}$  として、375 倍すると 1.5 cm 3.63mm となります  
 1mm×1mmのマスクの布は、縦と横にそれぞれ 375 倍で 37.5 cmの正方形となります。  
 少し大きいので、10×10 cmの正方形を作りました。これは元の 100/375 倍です。

マスクの繊維の長さは実験 1-1 より  $1\text{mm}^2$  の面積では 418.122mm でした。

375 倍した小さな世界での、10 cm×10 cmにおける繊維の長さは

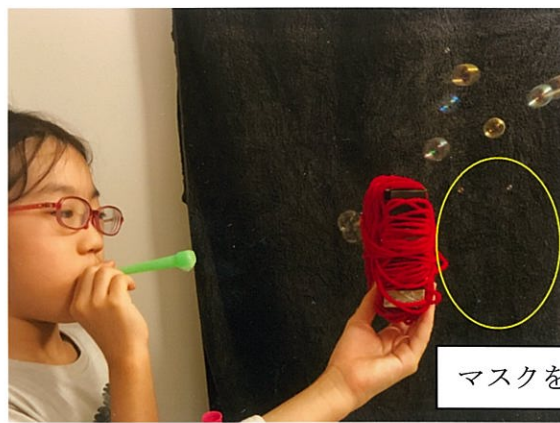
$$418.122 \times 375 \times (100/375) = 41812.2 \text{ mm} = 41.8122\text{m}$$



41mはかなり長いので、まずは 3 枚重ねのマスクの布 一枚分を考えてみました。

$41.8122 \div 3 = 13.9374\text{m}$  となりましたが、糸を巻き付けてみるとこれでもまだ長いので半分の 7m を巻き付けました。

太さ 3.5 mmの糸を用意し、10 cm×10 cmの正方形に、7m巻きつけ 375 倍のマスク布を作りました。





見た目にも 1.5 cm のシャボン玉は通ることはできないように思いました。実際にシャボン玉を 10 回吹き付けても、全て毛糸にあたってはじけてしまい一つも通過しませんでした。本物は 6 倍厚みがあることを考えると絶対に通りそうにありません。

### 結果 2-3 マスク 対 コロナ飛沫核 (答え) いちおう 飛沫核の勝ち

飛沫核は  $5\mu\text{m}$  以下とさらに小さいものです。呼吸器感染症を防ぐためのフィットテスト養成講座のテキストによれば (参照 1)、飛沫核は  $1\mu\text{m}$  以上で気道に留まる可能性が増えると書いてありました。1- $5\mu\text{m}$  の真ん中  $3\mu\text{m}$  を飛沫核の代表とすると、5000 倍すると 1.5 cm のシャボン玉と同じ大きさになります。

マスクの繊維は実験 1 より  $9.6\mu\text{m}$  として、5000 倍すると 4.8 cm となります。

大きな収納ボックス (80cm×40cm) をマスク模型として使うこととしました。入り口の面積は  $3200\text{cm}^2 = 320000\text{mm}^2$  となります。これは  $1\text{mm}^2$  のマスクのかけらを縦にも横にも 565 倍したものと同じ面積です。

シャボン玉の大きさから 5000 倍したいのですが、収納ボックスの入り口は 565 倍にしかならないので、さらに 5000/565 倍おおきくしないといけません。マスクの繊維の長さは実 1-1 より  $1\text{mm}^2$  の面積では 418.122mm でした。

5000 倍おおきな世界では、収納ボックスにおける繊維の長さ

$$= 418.122 \times (5000/565.6854249) = 3695.71127\text{mm} = 3.69571127\text{m}$$

5000 倍の世界では、収納ボックスに太さ 4.8 cm の棒を 3.7m 張ればマスクの模型ができます。このマスクの模型に、シャボン玉を吹きかけてみてどれだけ通過したか考えてきました。



①格子状の布マスク

②でたらめな不織布マスク

③縦方向だけ

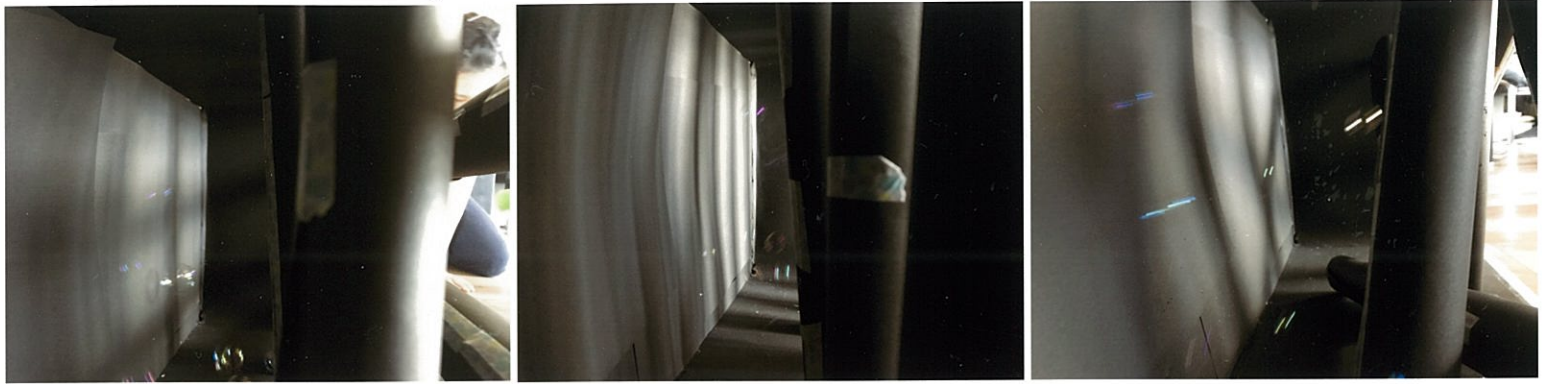


①～③まで3つのマスク模型を作りました。この模型にシャボン玉を吹き付け、どれくらい通過するのかを調べました。

①格子状の布マスク

②でたらめな不織布マスク

③縦方向だけ

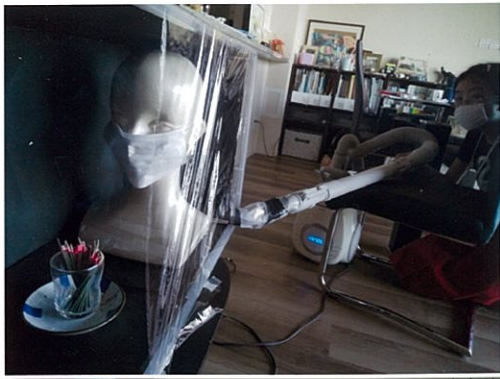


		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	平均(%)
① 布	吹いた数	19	25	27	24	22	23	27	19	21	24	
	通った数	9	12	15	14	13	14	16	15	14	13	
	率	0.47	0.48	0.56	0.58	0.59	0.61	0.59	0.79	0.67	0.54	<b>58.83</b>
② 不織布	吹いた数	15	26	24	18	31	24	22	27	16	24	
	通った数	10	8	10	6	15	10	11	7	7	8	
	率	0.67	0.31	0.42	0.33	0.48	0.42	0.50	0.26	0.44	0.33	<b>41.55</b>
③ 縦	吹いた数	30	15	24	20	25	22	18	27	20	29	
	通った数	5	2	4	2	3	1	0	6	2	5	
	率	0.17	0.13	0.17	0.10	0.12	0.05	0.00	0.22	0.10	0.17	<b>12.27</b>

布マスクはだいたい4割のコロナ飛沫核（シャボン玉）の侵入を防ぐことができました。不織布マスクでは6割と半分以上を防いでいます。私が考えた一番通り辛い縦だけのマスクはなんと9割近く防ぐことができました。マスクをすることでコロナ飛沫核も半分くらいは防ぐことができることが分かりました。しかし、半分は通ってしまうので、この勝負はまだコロナ飛沫の勝ちとしました。

### 実験3. マスクの脇や隙間からコロナ飛沫や飛沫核が入ってこないか実験しよう

**目的** 実験2でコロナ飛沫は十分マスクでも防げることが分かりました。飛沫核に関しても、不織布マスクでは4割になりました。でも、本当にコロナウィルス感染を防げるのでしょうか？マスクの上や下や横の隙間から、空気を吸ったときに入ってこないのでしょうか？コロナウィルスの飛沫や飛沫核がマスクの脇や隙間から入ってこないかを調べてみました。



**方法** 発泡スチロールでできたマネキンを継ぎ目に沿って二つにします。

中の空洞を鼻の孔までつなげて空気が通るようにします。

マネキンの後ろに筒を通して空洞とつなげます。

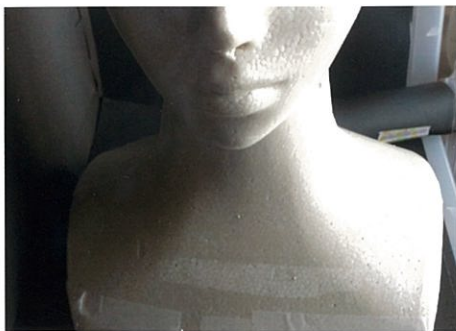
二つのマネキンのかけらをつなぎ合わせ、しっかりとテープを張ることで空気が入ってこないようにします。

後ろの筒を掃除機につなげ、スイッチを入れると鼻から空気を吸い込みます。



**結果 3-1** マスクの脇や隙間から煙は入ってこない？（答え） あまり入りません

マネキンにマスクをかぶせます。線香をたくさん燃やして煙を作りました。この煙が流れていく様子を観察することで、煙はマスクを通っているか、マスクの脇や隙間を通っていないかを調べました。



①マスクなし



②布マスク



④不織布マスク A



③布マスク



⑤不織布マスク B



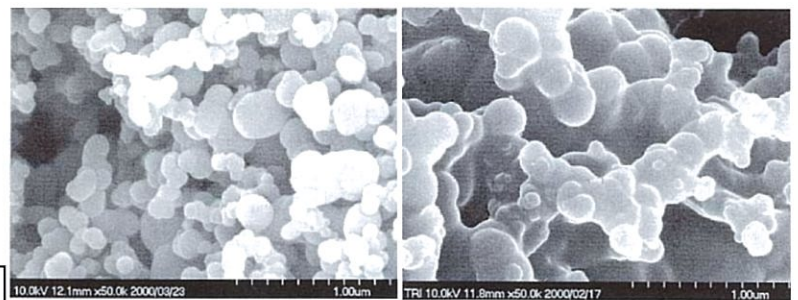
①マスクなし	鼻にそのまま煙が吸い込まれます。
②布マスク A	鼻の部分から煙が吸い込まれますが、上の隙間からも吸い込まれます。
③布マスク B	マスクは鼻に張り付き、鼻から煙が吸い込まれます。
④不織布マスク A	マスクは鼻に張り付き、鼻から煙が吸い込まれます。
⑤不織布マスク B	マスクはぴったり鼻に張り付き、鼻から煙が吸い込まれます。

上の結果から、少し厚手の布マスク A は鼻の上のところで隙間が空いてしまい煙をここからも吸い込んでいました。また、お店に売っている不織布マスク A でも隙間からは煙を吸っているようには見えませんでした。手術用の不織布マスク B では完全に鼻の穴にマスクが張り付いていました。

### 結果 3-2 マスク 対 コロナ飛沫核 (答え) 不織布マスクは健闘

線香の煙について調べてみました。今回使った毎日香は梔粉といって、クスノキ科タブノキ属のタブノキの皮を粉にしたものからできているそうです(日本香道ホームページより)。一方、松の幹や根を燃やしてできた煤から作った墨をしらべると、煤の粒子は 20~30nm とコロナウィルスとほぼ同じ大きさで、これが集まってできた塊(アゴロメレート)は 1μm をこえるとあり、飛沫核と同じくらいの大きさです。つまり、実験 3-1 でより多く煤がついていた方が、飛沫核やウィルスを防いでいるのではないかと思います。

つまり、実験 3-1 でより多く煤がついていた方が、飛沫核やウィルスを防いでいるのではないかと思います。



(カーボンブラック協会ホームページ) →

松煙障子焚き 原料：松の幹

松煙直火焚き 原料：松の根

実験 3-1 で使用したマスクにどれだけ煤がついているかを調べました。



答え) 煤の量 ②<③<④<⑤

鼻の穴のところに黒い煤が見えます。





**考察** 普通の顕微鏡よりもさらに大きな

ものが見える電子顕微鏡の写真を探しました（参照2）。すると、マスクと飛沫、飛沫核の大きさの関係はだいたい私の作った模型と同じくらいではないかと思いました。

ただ、布マスクは細かい繊維が格子状になっているのではなく、細かい繊維を束にして糸にし、これを格子状に編んでいることが分かりました。このため、下の写真のようにもっと大きな穴が開いていることが分

かり、飛沫もすり抜けてしまうかもしれないと考えました。

結果2-3からは、繊維の方向がそろっていた方が、同じ繊維の量であっても飛沫核を通しにくいことが分かりました。不織布も繊維をそろえる方法があれば、薄くても飛沫核を通しづらくなると思います。結果3-1からは柔らかくて、鼻に吸い付くようなマスクは布がウィルスを通さないバリアの効果を発揮しやすく、良いマスクだと分かりました。

**まとめ** 目に見えないコロナウィルスの飛沫や飛沫核も375倍や5000倍に拡大したマスクの模型を作ったら、マスクを通してしまったりしないのか調べることができました。飛沫はマスクが完全に防ぐことができました。飛沫核は不織布マスクでより防ぐことができ、今回の実験では40%に抑えることができると考えられました。

#### 参考文献

参照1 感染症対策としての呼吸防護具、和田 耕治、フィットテスト研究会、2014年

参照2 Household Materials Selection for Homemade Cloth Face Coverings and Their Filtration Efficiency Enhancement with Triboelectric Charging、Mervin Zhao、Nano Lett、2020 Jun 2

日本香道 <https://www.nipponkodo.co.jp/>

カーボンブラック協会 <https://carbonblack.biz/index.html>

