

繰り返洗濯によるマスクの通気度変化に関する考察

丸 山 尚 夫、山 川 菜 生

The study for air permeability change of mask through washing

Hisao Maruyama , Nao Yamakawa

1. はじめに

COVID19（新型コロナウイルス）感染症の感染拡大防止にともないマスクの着用が呼びかけられており、マスクに対するニーズとともに性能に対する消費者の意識は高まっている。マスクには、繰り返洗濯して使用することが可能な布マスクと、使い捨てが原則である不織布マスクが一般に幅広く流通している。様々なマスクが使用されるようになり、マスク素材の違いによる、飛沫を抑える効果の違いについて多くの報道がなされるようになり¹⁾、不織布マスクが最も効果が高いとされている。

マスクを着用した日常生活が普通になる一方、使い捨てマスクの大量消費は安全安心な生活とのトレードオフではあるが、サステイナブルを目指す社会とは逆行するものである。衛生面には配慮が必要であるが^{2) 3)}、使い捨てマスクを洗浄して複数回使用できれば、その分廃棄量を減らすことができる。COVID19感染症が問題視され始めた2020年春には、日本国内において使い捨て不織布マスクの品切れが相次ぎ、一部メディアでは、使い捨て不織布マスクを家庭洗濯し繰り返使用する方法を紹介する記事も見受けられた。不織布マスクにはポリプロピレン繊維やポリエチレン繊維が多く使われており^{4) 5)}、昨今の海洋プラスチック汚染で問題視されているレジ袋やストローなど同一の素材であり、出来ることなら最小限の使用量で済むことが望ましい。

しかしながら不織布製の使い捨てマスクを家庭洗濯して再使用することによるマスクの捕集性能への影響を調査した文献は少ない。そこで本研究では、家庭洗濯を経て繰り返使用される布マスクと、使い捨て不織布マスクについて、洗濯による通気度の変化を調査した。なお、マスクや不織布のフィルター効果についてはJIS L 1912で示される捕集効率を測定する方法等があるが、理化学研究所並びに豊橋科学技術大学の研究¹⁾では、一般に通気性（圧力損失）とフィルター補修効率は関係性が高いとされているので、本実験では、マスクの捕集効果における簡易的な尺度としてJIS L1096A法により通気度の変化を測定することにより比較した。

2. 実 験

2.1 実験概要

ガーゼマスクおよび市販のナイロン製マスク、さらに使い捨て不織布マスク 2 種類について、洗浄前後の通気度の変化を調査した。家庭での洗濯を想定し、洗浄は一般的な家庭用ドラム式洗濯乾燥機および手洗いによって行い、吊り干し乾燥後、フラジール型通気度試験機を用いてマスクの通気度を測定した。

2.2 試 料

試料として表 1 に示す 4 種を用いた。なお、(3)立体型不織布マスク(4)プリーツ型不織布マスクについては、製品には「使い切り商品、水洗い・洗濯による再使用不可」の旨が記載されているが、本研究では洗浄による不織布マスクへの通気度の影響を明らかにするため、(3)(4)の不織布マスクに対して水洗いによる洗浄を実施した。

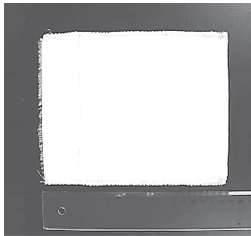
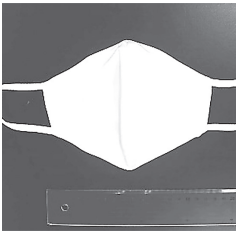
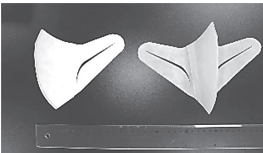
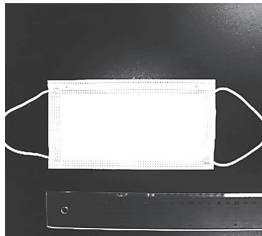
使用した枚数は、(1)ガーゼマスク15枚、(2)立体型ナイロン製マスク15枚、(3)立体型不織布マスク15枚、(4)プリーツ型不織布マスク16枚である。

2.3 洗浄方法

洗浄方法は家庭洗濯を想定し 3 種類を設定した。洗浄方法の詳細を表 2 に示す。

洗濯洗剤は、弱アルカリ性の洗濯用合成洗剤「アタック抗菌EXスーパークリアジェル」（花王株式会社製）を使用した。洗剤の成分は界面活性剤 [23%、高級アルコール系（非イオン）]、安定化

表 1 試料の詳細

	試料(1) ガーゼマスク	試料(2) 立体型 ナイロン製マスク	試料(3) 立体型不織布マスク	試料(4) プリーツ型 不織布マスク
画 像				
組 成	綿 100%	本体部分：ナイロン 90% ポリウレタン 10% フィルター：ポリプロピレン	ポリプロピレン、ポリエステル（割合不明）	不明
サ イ ズ	185mm×150mm 綿ガーゼ 4 枚重ね * 筆者作成	L サイズ 230mm×145mm	マスク部最長 132mm×140mm	プリーツ折りたたみ時 175mm×94mm プリーツ開放時最長 175mm×150mm

剤、アルカリ剤、pH調整剤、酵素、蛍光増白剤である。

洗浄方法A：ドラム式洗濯乾燥機での最もマイルドな洗濯条件

洗浄方法B：ドラム式洗濯乾燥機での弱い洗濯条件

洗浄方法C：手洗い

なお、洗浄方法A、Bについては、浴比1：30とするため負荷布（綿布）を使用した。洗濯試験の詳細を表2に示す。

2.4 通気度の測定方法

通気度の測定においては、フラジール型通気度試験機（型式AP-360SM／株式会社大栄科学精器社製）を使用し、1試料当たり2か所を測定し平均値を算出した。

なお、試料(3)立体型不織布マスクおよび(4)プリーツ型不織布マスクについては、試料面積が通気度試

表2 洗浄方法

方法	洗浄方法 A	洗浄方法 B	洗浄方法 C
試料	(1) (2)(3)NO.1~5 (4) NO.1,4,5,10,24	(1) (2)(3)の NO.6~10 (4)NO.27,A3,A5,A7,C3	(1) (2)(3)の NO.6~10 (4)NO.C5,C6,C7,C8,C9,C10
使用 機械	ドラム式電気洗濯乾燥機 NS-VR1000 ／松下電器産業株式会社 2006 年製		手洗い 脱水のみ二槽式電気洗濯機 PS-T55H3／株式会社日立 製作所 1993 年製
水温	40℃		30℃
洗剤	60g		12g
浴比	1:30（試料および負荷布 1kg：水量 30L）		-
ネット	メッシュ状のネット（400mm×450mm）に試料および負荷布を入れて洗浄		-
手順	「おうちクリーニング コース」28 分間 JIS L 0217 103 法に従い 洗い 5 分間→すすぎ 2 回→脱水 2 分間で設定	「わたし流コース」 39 分間 JIS L 0217 103 法に従い 洗い 5 分間→すすぎ 2 回 →脱水 2 分間で設定	6L のお湯で 2 分間押し洗い JIS L 0217 106 法に従い 押し絞り→すすぎ 2 分間 →二層式洗濯機を使用し脱 水 2 分間
乾燥	吊り干し		
洗浄 の 様子			

験機の必要面積に満たなかったため、通気度測定時にアタッチメントを使用した。アタッチメントの詳細を図1に示す。

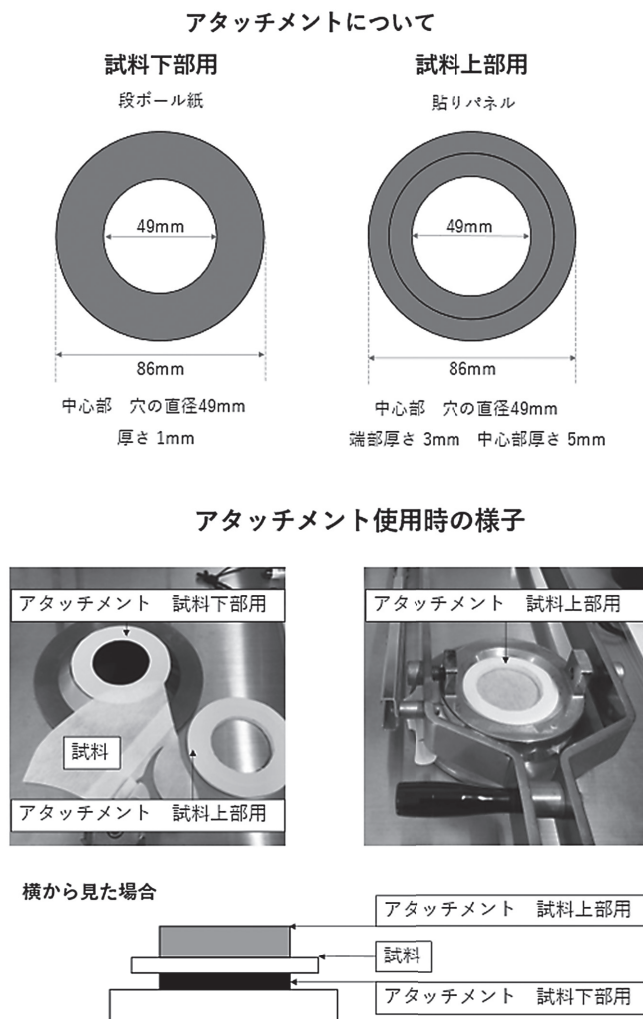


図1 アタッチメントの詳細

実験結果に示した試料(3)立体型不織布マスクおよび(4)プリーツ型不織布マスクの通気度は、アタッチメントを使用した場合の数値である。

3. 実験結果

3.1 洗浄前の通気度

試料(2)立体型ナイロン製マスクおよび試料(3)立体型不織布マスクにおいて、洗浄前の通気度測定の結果、同一試料でも左右の布地によって通気度にばらつきがあるものが見受けられた(図2、3)。縫い合わせる際に、左右で異なるロットの布もしくは不織布が使用されているためと推定される。本実験では、この左右の部位の違いによる通気度差は平均化した。

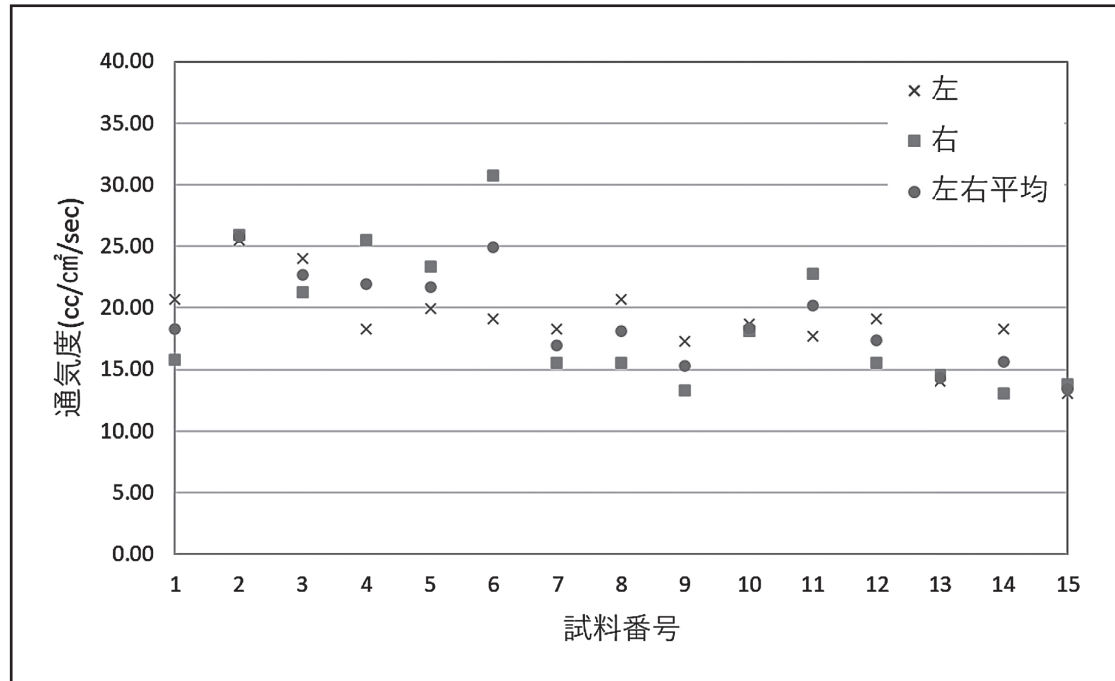


図2 左右の部位の違いによる通気度差(試料(2)立体型ナイロン製マスク、洗浄前)

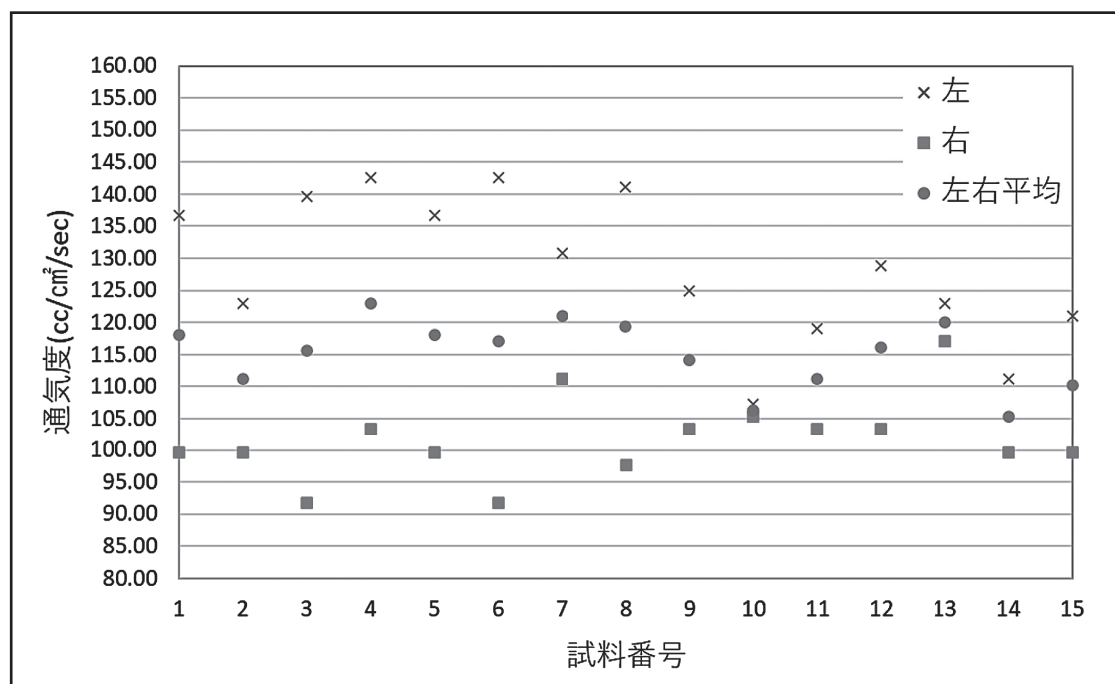


図3 左右の部位の違いによる通気度差(試料(3)立体型不織布マスク、洗浄前)

試料(4)プリーツ型不織布マスクにおいて、洗浄前の通気度測定の結果、試料によって通気度に大幅なばらつきがあることがわかった。試料(4)プリーツ型不織布マスクの通気度の一部を表3に示す。なお、試料番号のアルファベットは、異なる箱、袋から取り出したことを示す。

表3 試料(4)プリーツ型不織布マスクの通気度(一部抜粋)

	通気度(cc/cm ² /sec)		
	test1	test2	平均
2	19.73	19.12	19.42
7	48.75	47.93	48.34
A-1	49.85	48.20	49.03
X-1	17.08	17.49	17.29
S-1	8.61	7.76	8.19

さらにマスクを分解し、挟み込まれているメルロブロン不織布を目視で確認したところ、厚みや質感に違いがあることが判明した。分解しない状態のマスクを目視で比べると、透け感にも大きな違いがあることがわかった。

試料内の数値のばらつきを抑えるため、試料(4)については目視で試料を確認し、透け感の同じものを16枚選定した(予備1枚を含め計16枚とした)。

選定した試料(4)16枚の通気度を表4に示す。表3とは異なり、選定した16枚は通気度のばらつきが抑えられ通気度の平均は9.88cc/cm²/secであった。

表4 選定した試料(4)プリーツ型不織布マスクの通気度

	test1	test2	平均		test1	test2	平均
	通気量	通気量	通気量		通気量	通気量	通気量
1	8.44	8.36	8.40	A-7	9.29	9.21	9.25
4	10.33	9.46	9.90	C-3	9.93	9.86	9.89
5	10.41	10.25	10.33	C-5	10.01	9.78	9.90
10	9.04	9.29	9.16	C-6	9.46	10.09	9.78
24	9.70	9.46	9.58	C-7	9.86	10.17	10.01
27	10.25	10.25	10.25	C-8	10.49	10.49	10.49
A-3	9.21	8.95	9.08	C-9	10.25	10.25	10.25
A-5	9.86	9.78	9.82	C-10	10.57	10.41	10.49

3.2 洗浄後の試料の外観変化

洗浄前後では、試料(1)ガーゼマスクが最も外観が変化していた。図5に、1回洗浄および乾燥後の試料(1)ガーゼマスクの外観を示す。

1回洗浄および乾燥後、試料を比較すると試料(1)ガーゼマスクにおいて、ドラム式洗濯乾燥機を使用した洗浄方法Bによる洗浄後にしわが目立ち、最も大きく外観が変化していることがわかった。(洗浄方法Cでは、手洗い後に遠心脱水機を用いて脱水をおこなったため、ドラム式洗濯乾燥機を使用した洗浄方法Aよりも、しわが目立ったと推定される。)

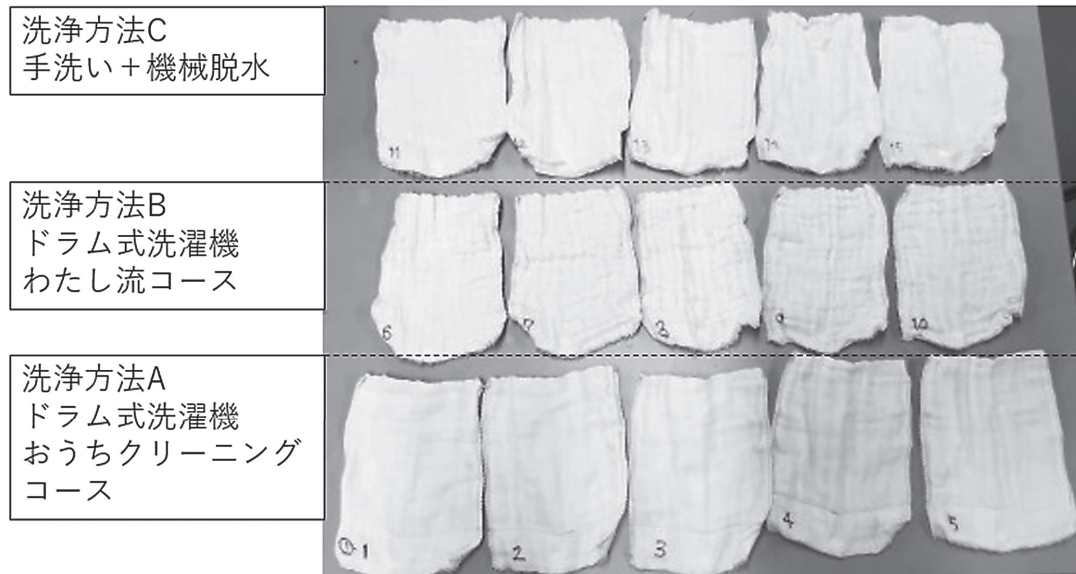


図5 1回洗浄および乾燥後の試料(1)ガーゼマスクの外観

3.3 洗浄後の通気度

洗浄前の通気度を1.0としたときの通気度の変化率を試料別に図6～図9に示す。変化率の数値は、洗浄後の通気度／洗浄前の通気度を示している。変化率が1より大きい場合、通気度が増加していることを表し、1より小さい場合、通気度が減少していることを表す。

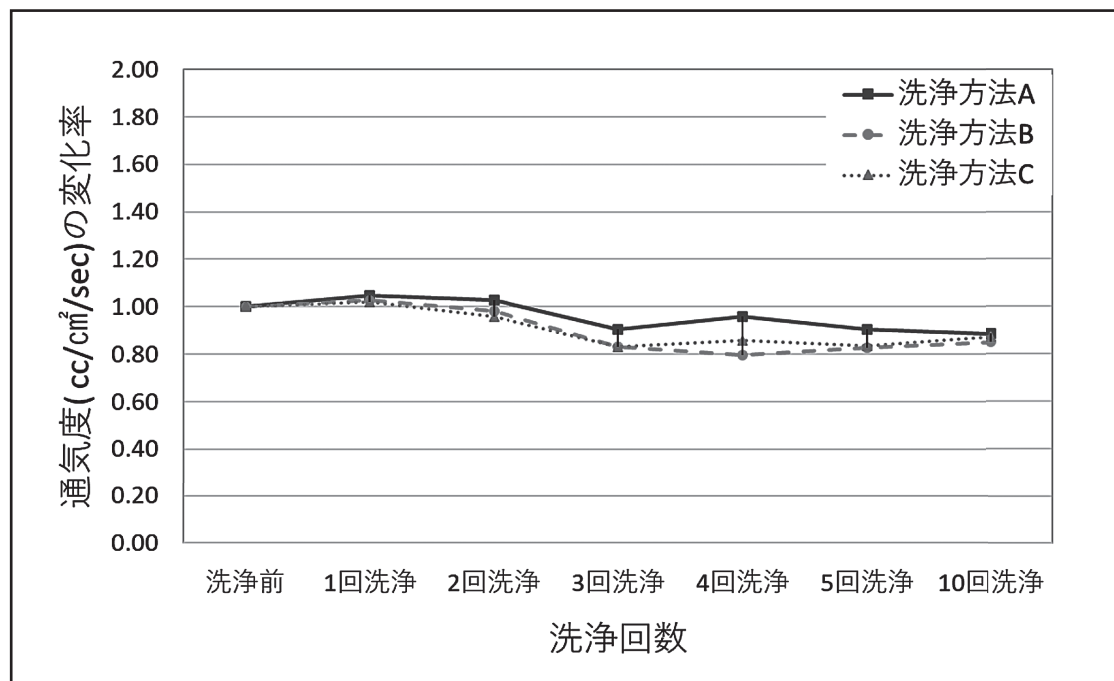


図6 洗浄方法の違いによる通気度の変化率 (試料(1)ガーゼマスク)

試料(1)ガーゼマスクでは、洗浄を繰り返すごとに通気度が減少したことがわかる。

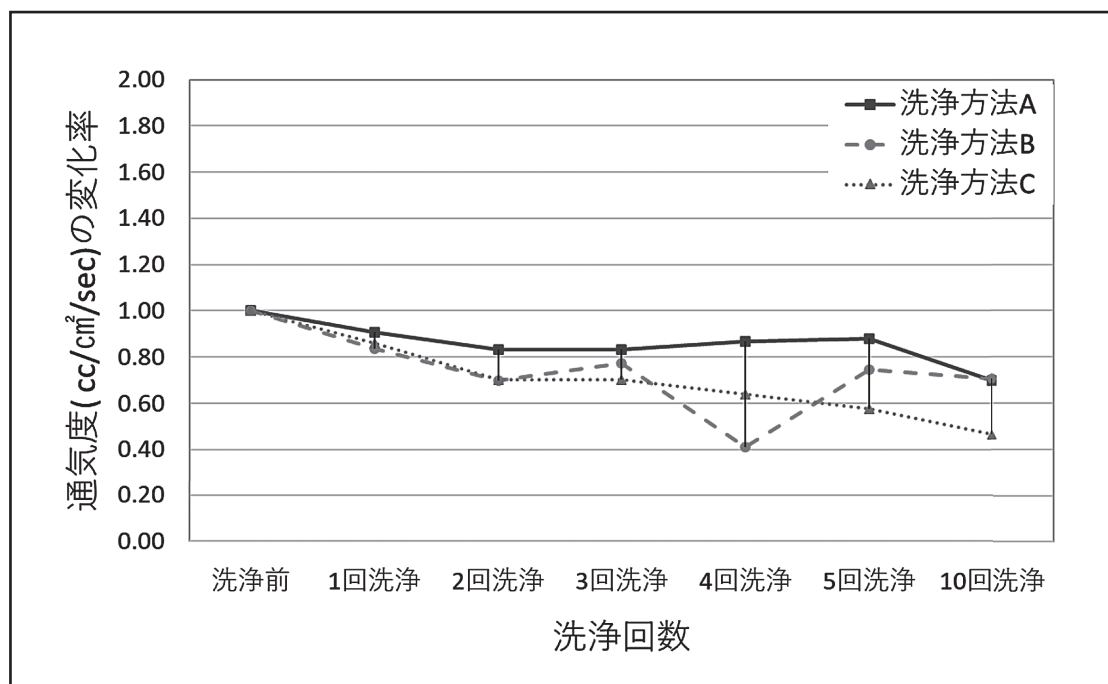


図7 洗浄方法の違いによる通気度の変化率(試料(2)立体型ナイロン製マスク)

試料(2)立体型ナイロン製マスクでは、洗浄を繰り返すごとに通気度が減少することがわかる。洗浄方法Cで最も通気度が減少することが明らかとなった。手洗いの機械力による布地への影響よりも、遠心脱水機を使用した脱水による布地への影響が大きいことが推定される。

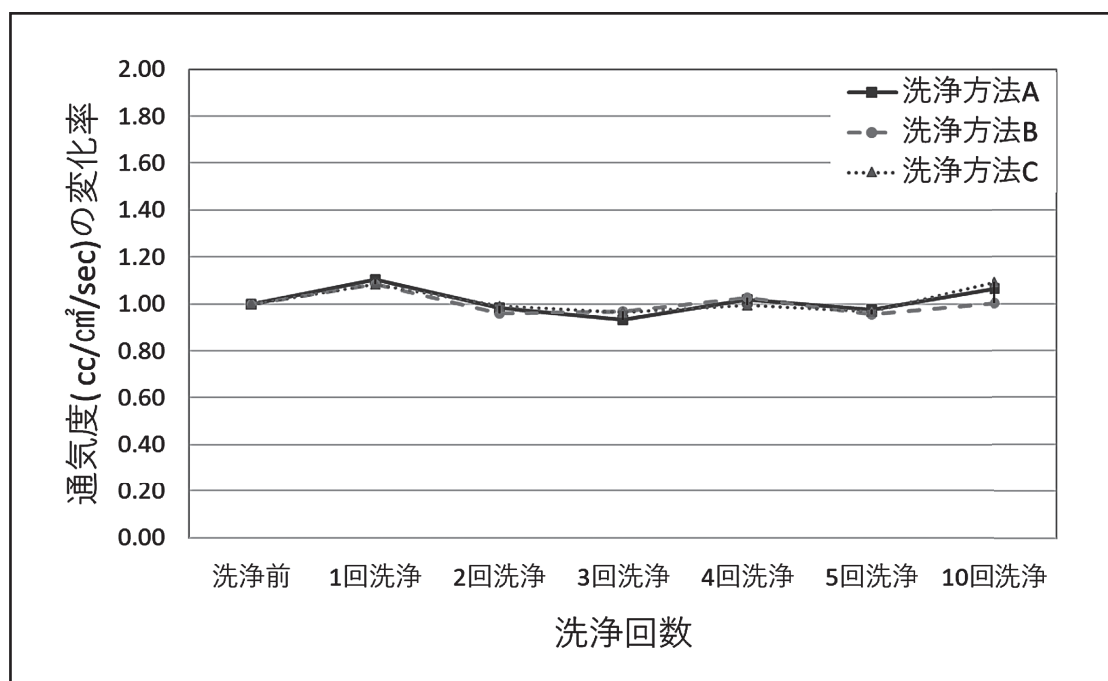


図8 洗浄方法の違いによる通気度の変化率(試料(3)立体型不織布マスク)

試料(3)の立体型不織布マスクでは、洗浄を繰り返しても通気度に大きな差は見られなかった。洗浄による通気度への影響が小さいと考えられる。

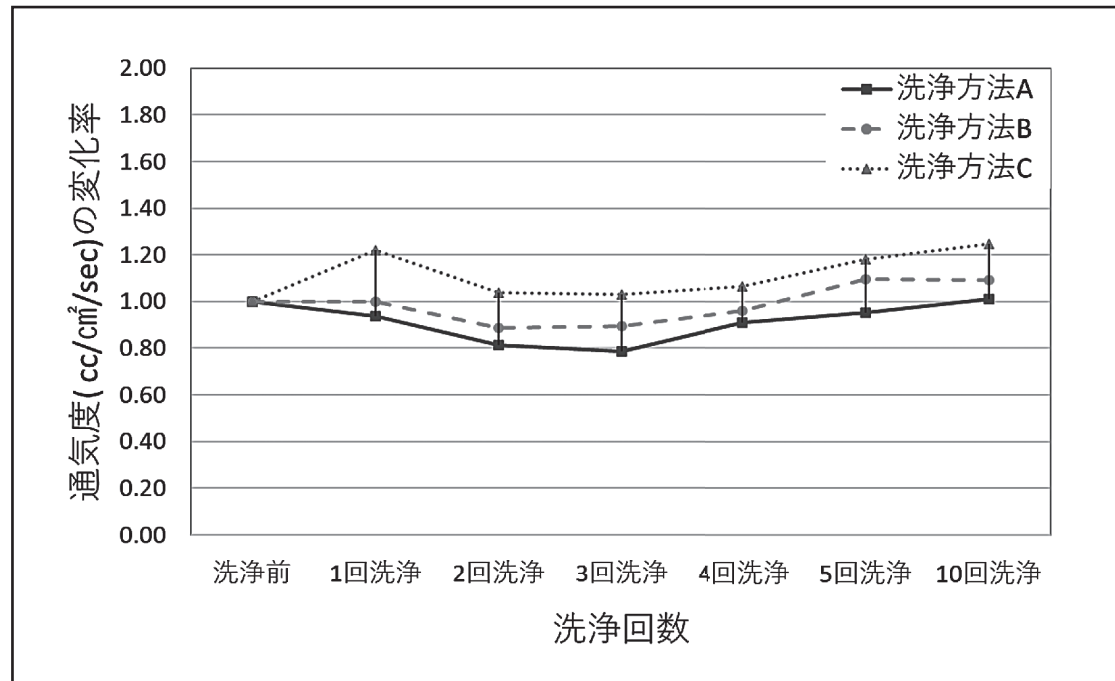


図9 洗濯方法の違いによる通気度の変化率(試料(4)プリーツ型不織布マスク)

試料(4)プリーツ型不織布マスクにおいて、洗濯方法AおよびBでは洗濯回数によって通気度がほとんど変化しなかった。洗濯方法Cでは、洗濯回数10回では洗濯前よりも通気度が増加していることがわかった。

3.4 洗濯後の平均通気度と標準偏差および変動率

各試料において、洗濯方法および洗濯回数における平均通気度と標準偏差および変動率（標準偏差／平均通気度）を表5～8に示す。なお、試料(2)立体型ナイロン製マスクと試料(3)立体型不織布マスクについては、マスク左右の通気度を平均化したものを平均通気度としている。

表5 洗濯方法Aにおける平均通気度と標準偏差(試料別)

		洗濯前	1回洗濯	2回洗濯	3回洗濯	4回洗濯	5回洗濯	10回洗濯
試料(1)ガーゼマスク	平均通気度(cc/cm²/sec)	169.30	177.01	174.10	153.28	162.43	153.32	150.12
	標準偏差	6.62	2.08	6.98	5.61	3.39	7.62	5.30
	変動率（標準偏差/平均通気度）	0.04	0.01	0.04	0.04	0.02	0.05	0.04
試料(2)立体型 ナイロン製マスク	平均通気度(cc/cm²/sec)	22.05	20.01	18.33	18.37	19.14	19.41	15.43
	標準偏差	2.38	2.72	3.44	2.88	3.13	2.87	3.75
	変動率（標準偏差/平均通気度）	0.11	0.14	0.19	0.16	0.16	0.15	0.24
試料(3)立体型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm²/sec)	117.22	129.22	115.41	109.33	119.55	114.31	124.62
	標準偏差	3.82	2.44	4.20	3.97	4.54	2.03	1.10
	変動率（標準偏差/平均通気度）	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.02	0.01
試料(4)プリーツ型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm²/sec)	9.47	8.90	7.70	7.44	8.64	9.04	9.57
	標準偏差	0.66	0.27	0.84	0.51	0.62	0.47	0.73
	変動率（標準偏差/平均通気度）	0.07	0.03	0.11	0.07	0.07	0.05	0.08

表6 洗浄方法Bにおける平均通気度と標準偏差(試料別)

		洗浄前	1回洗浄	2回洗浄	3回洗浄	4回洗浄	5回洗浄	10回洗浄
試料(1)ガーゼマスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	173.77	178.38	170.82	144.18	138.44	144.03	147.85
	標準偏差	2.65	1.07	10.11	1.08	2.44	2.63	1.50
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.02	0.01	0.06	0.01	0.02	0.02	0.01
試料(2)立体型 ナイロン製マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	18.74	15.66	13.11	14.46	7.70	13.94	13.26
	標準偏差	3.29	4.60	3.41	6.46	4.65	9.22	11.05
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.18	0.29	0.26	0.45	0.60	0.66	0.83
試料(3)立体型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	115.61	125.46	110.95	111.65	118.74	110.44	116.02
	標準偏差	5.16	4.69	5.67	4.13	3.73	1.97	1.20
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
試料(4)ブリーツ型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	9.66	9.67	8.56	8.64	9.28	10.60	10.57
	標準偏差	0.43	0.81	0.64	0.24	1.15	1.35	1.09
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.04	0.08	0.08	0.03	0.12	0.13	0.10

表7 洗浄方法Cにおける平均通気度と標準偏差(試料別)

		洗浄前	1回洗浄	2回洗浄	3回洗浄	4回洗浄	5回洗浄	10回洗浄
試料(1)ガーゼマスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	174.89	178.50	167.83	145.06	150.06	145.94	152.85
	標準偏差	2.91	1.95	6.16	4.22	7.66	3.27	0.93
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.02	0.01	0.04	0.03	0.05	0.02	0.01
試料(2)立体型 ナイロン製マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	16.19	13.93	11.38	11.37	10.35	9.35	7.54
	標準偏差	2.41	1.89	1.73	1.69	1.96	1.48	2.87
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.15	0.14	0.15	0.15	0.19	0.16	0.38
試料(3)立体型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	112.62	122.15	111.50	108.50	111.83	108.90	122.77
	標準偏差	5.05	6.70	4.96	4.16	4.36	5.65	3.55
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03
試料(4)ブリーツ型 不織布マスク	平均通気度(cc/cm ² /sec)	10.15	12.37	10.55	10.45	10.81	11.99	12.67
	標準偏差	0.28	0.42	0.48	0.58	0.36	0.73	0.71
	変動率(標準偏差/平均通気度)	0.03	0.03	0.05	0.06	0.03	0.06	0.06

表5～7より、試料(2)立体型ナイロン製マスクのみ、すべての洗浄方法において洗浄前の変動率(標準偏差/平均通気度)が0.1以上であり、10回洗浄後に変動率が大幅に増加していた。試料(2)立体型ナイロン製マスクはマスク左右の通気度に差があるため、変動率もばらついたと考えられる。洗浄方法Bにおいて、試料(2)および試料(4)では洗浄前よりも洗浄後に変動率が増加していることがわかる。洗浄方法Bは「弱い」洗浄方法であるものの、洗浄方法AとCよりも、洗浄による通気度への影響が大きいことが示唆される。

4. おわりに

本研究では以下のことが明らかとなった。

- ⇒不織布マスクでは、洗浄による通気度の変化は想像していたより少なく、また個体差が小さい。
- ⇒立体型マスクでは、左右の布地もしくは不織布の通気度にばらつきがある。
- ⇒試料(1)ガーゼマスクにおいて、洗浄方法Bでの洗浄後に外観のしわが目立ったものの、通気度は洗浄方法で大きな違いが見受けられなかった。通気度が小さくなるのはガーゼ生地の変形と糸の毛羽立ちによるものと思われる。

通気度の数値からは10回の洗浄後も使用可能であるようにも見えるが、変動率から見る個体差の拡大

や形態変化等を加味すると数回（5回程度まで）が限界であると考えたほうが良いであろう。もともとこれらのマスクは、サージカルマスクのような完全な飛沫防御を求めるものではないので、適切な洗浄を行なって繰り返し使用することも可能であると考ええる。複数回使用すれば、廃棄量の大きな削減に寄与し、資源を有効に活用するサステイナブル社会とも共存してウイルス感染を防ぐことができるのではないかと期待する。

参考文献

- 1) 理化学研究所「ウイルス飛沫感染の予測に関する記者勉強会（11月26日・オンライン開催）」,
<https://www.r-ccs.riken.jp/wp-content/uploads/2020/12/20201126tsubokura.pdf>
<https://www.youtube.com/watch?v=267HdDdIyWI&feature=youtu.be>
- 2) 新型インフルエンザ専門家会議「新型インフルエンザ流行時の日常生活におけるマスク使用の考え方」, 平成20年9月22日
<4D6963726F736F667420576F7264202D208E9197BF328140837D8358834E8E67977082CC8D6C82A695FB816988C4816A2E646F63> (mhlw.go.jp)
- 3) 藤居真理子、佐々木麻紀子、角田薫「家庭洗濯の除菌・殺菌効果」, 東京家政学院大学紀要, 第53号, 2013年, 51-57ページ
- 4) 独立行政法人国民生活センター報道発表資料「ウイルス対策をうたったマスクー表示はどこまであてになるの? -」, 平成21年11月18日
<http://www.vat.co.jp/images/influenza/mask01.pdf>
- 5) 杉村桃子「不織布製マスクの素材特性に関する検討」新潟大学教育学部研究紀要 人分・社会科学編, 第4巻第2号, 2012年, 199-204ページ