ノート

マスク試験運用データベース構築事業

明歩谷　英樹*　三村　和弘*　古畑　雅弘*　森田　渉*　皆川　森夫*

Data Base Construction Project for Operating Mask Tests

MYOUBUDANI Hideki*, MIMURA Kazuhiro*, FURUHATA Masahiro* , MORITA Wataru* and MINAGAWA Morio*

1.　緒　　言

新型コロナウィルス感染症拡大以降，マスク等のフィルターを有する製品や医療用ガウン等の衛生・医療用繊維製品の市場拡大に伴い，マスクを中心に性能評価に関する問い合わせや試験依頼が増えている。また，2021 年 6 月にはマスクに関する性能評価のための試験方法である日本産業規格（JIS T9001，T9002）が制定され，公的基準が整備されている。これらの要望や今後の製品開発支援に対処するため，当センターではマスク等の衛生・医療用繊維製品の性能評価に用いられる P.F.E（Particle Filtration Efficiency）試験検査装置及び B.F.E（Bacterial Filtration Efficiency）試験検査装置を整備し，試験の体制を整えた[1)]。

本報では，当センターで入手した様々なマスク素材（図 1 に一部を示す）に関する P.F.E 試験，B.F.E 試験を実施した試験結果を紹介する。

2.　マスクの性能評価

2.1　P.F.E 試験：微小粒子捕集効率試験

2.1.1　P.F.E 試験方法について

当センター保有の P.F.E 試験検査装置（PFE-01 型，柴田科学（株）製）は，米国材料試験協会規格 ASTM F2299「医療用フェイスマスク素材のポリスチレンラテックス球による初期捕集効率試験方法」で規定された装置で，チャンバー中央部に ϕ100mm に切り出したろ材をセットする。

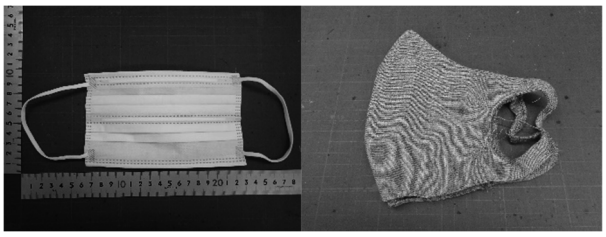

図 1　各種マスク素材の一例

その後，HEPA フィルターによりクリーンな環境に維持されたチャンバー内に粒径 0.1μm のポリスチレンラテックス粒子を連続供給，一定流量(28.3L/min)で吸引しながらろ材を通過させたときのろ材通過前（一次側）の粒子数とろ材を通過後（二次側）の粒子数をそれぞれ粒子数測定器で計測する。捕集効率(P.F.E(%))は以下の式で求められる。

P.F.E(%) =(1−N2/N1)×100

N1：ろ材通過前（一次側）の粒子数

N2：ろ材通過後（二次側）の粒子数

2.1.2　静電気による影響について

様々なフィルター素材について P.F.E 試験を実施したところ，静電気によって補集効率(P.F.E(%))が変動することが分かってきた。ここでは，フィルターに静電気を付加することによる影響について試験を行ったので結果を紹介する。

2.1.2.1　帯電試験

繊維製品が帯電するのは，電子の動きと繊維に含まれている水分が関係するといわれている。

* 素材応用技術支援センター

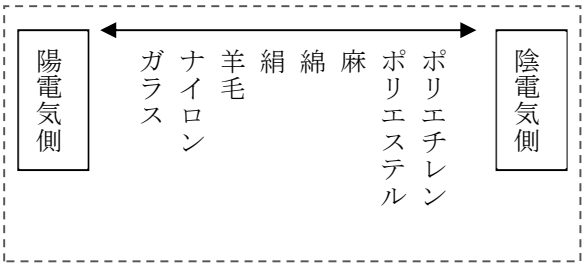

図 2　摩擦帯電列

各繊維素材の摩擦による帯電しやすさは，図 2 に示す摩擦帯電列 [2]に関係しているとされ，帯電列が離れている組み合わせほど帯電し易いとされている。ここで，オンヨネ（株）提供のポリエステルとナイロンの編み地を用いて，編み地の表面を塩ビパイプにて 10 回摩擦して帯電させた試料，帯電後除電処理した試料及び未処理品について P.F.E 試験を実施した。帯電圧の測定は静電気測定器 STATIRON-M（シシド静電気（株）製）を用い，塩ビパイプで 10 回摩擦することで 100kV であることを確認した。

(試験条件)

- 試験粒子径：0.1μm（0.1±0.004μm）
- 粒子の種類：NANOSPHERE SIZE STANDARDS 3100Å（Thermo Fisher Scientific（株）製）
- 測定時間：57 秒
- 試験流量：28.3L/min
- 試験面積：4902mm^2
- 試験回数：5 回（結果は平均値）

2.1.2.2　試験結果

表側をポリエステル編み地（以下 PET とする）で裏側をナイロン編み地（以下 Ny とする）にした場合とその逆の場合の結果を図 3 に示す。

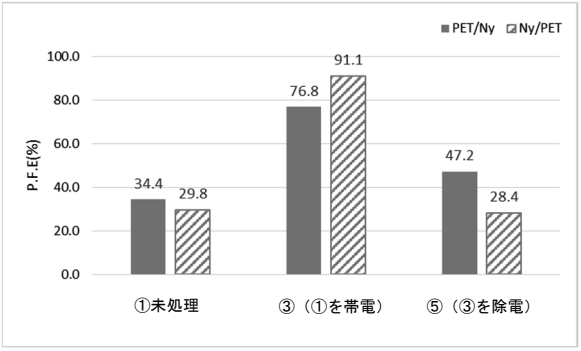

図 3　ニット生地の帯電処理の影響

未処理品では 40%以下であった P.F.E(%)が摩擦帯電によって大きく向上し，除電後は低下することが分かった。この結果から，帯電処理が P.F.E(%)を大きく向上させることがわかった。

なお実使用においては呼気による水分などで帯電圧が低下するため，効果が低下すると考えられるのでその点の対策を併せて検討する必要がある。

2.2　B.F.E 試験：バクテリア捕集効率試験

2.2.1　B.F.E 試験方法について

当センター保有の B.F.E 試験検査装置（BFE-02 型，柴田科学（株）製）は，ASTM F 2101 に規定されている。B.F.E 試験では黄色ぶどう球菌を使用する。細菌懸濁液を送液ポンプでネブライザーに供給し圧縮空気と混合することにより細菌含有のミストを発生する。そのミスト粒子を試験粒子としてフィルタ素材のろ過効率を測定する。捕集効率(B.F.E(%))は以下の式で求められる。

B.F.E(%) =(1 –S/B)×100

B：ブランクのコロニー数

S：試料を介したときのコロニー数

2.2.2　抗菌加工剤による影響について

見附コットン産業より提供された綿の織物マスク素材について，B.F.E 試験を実施した。炭と藍の染色加工を行ったものに更に抗菌性 [3]の知られている藍抽出液で処理した素材について

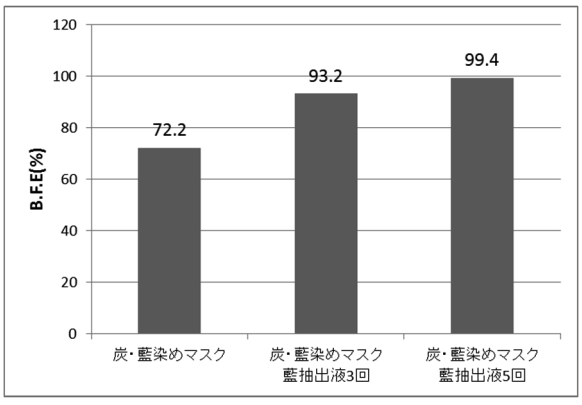

図 4　織物生地の抗菌加工の影響

も試験を行った。その試験結果を図 4 に示す。
（試験条件）
・供試菌：黄色ブドウ球菌（Staphylococcus aureus）
・試験回数：3 回（結果は平均値）

藍抽出液の加工はスプレーにて行い 3 回処理したものと 5 回処理したものを用意した。
（試験結果）
未処理品に対して，藍抽出液を処理することで B.F.E(%)が向上することがわかった。抗菌加工剤の添加によって，B.F.E(%)が影響することが確認できたことから，抗菌加工剤によるマスクへの処理は B.F.E(%)向上に有効であると考える。

2.3 各種マスクの性能評価データベースの構築

2.3.1 マスクの性能評価基準について

マスクの性能評価基準として，JIS T9001:2021 では医療用マスク及び一般用マスクの性能要件及び試験方法が，JIS T9002:2021 では感染対策医療用マスクの性能要件及び試験方法が制定された。これらの規格では微小粒子捕集効率(P.F.E)，バクテリア飛まつ捕集効率(B.F.E)の他，ウイルス飛まつ捕集効率(V.F.E)，花粉粒子捕集効率，圧力損失，人工血液バリア性などを規定している。参考のため，表 1 に一般用マスクの品質基準を示す。この基準では P.F.E，B.F.E などの捕集効率は 95%以上であることが求められている。詳細は各規格を参照のこと。

2.3.2 マスクの性能評価データベース

企業から提供され試験結果公開の許可を得た試料のほか当センターで独自に調整した試料に関する測定データをデータベースとして蓄積している。この項では今後のマスク素材開発の一助になることを目的に，特徴的なものについて情報提供する。
(試料)
・JIS L0803 準拠　染色堅ろう度用添付白布（綿，絹）

表 1　一般用マスクの品質基準

項目	単位	品質基準	
微小粒子捕集効率（P.F.E）	%	≧95	製品にて機能を標ぼうする項目について，実施する。
バクテリア飛まつ捕集効率（B.F.E）	%	≧95	
ウイルス飛まつ捕集効率（V.F.E）	%	≧95	
花粉粒子捕集効率	%	≧95	
圧力損失	Pa/cm^2	＜60	
遊離ホルムアルデヒド	μg/g	≦75	
特定アゾ染料	μg/g	≦30	
蛍光	―	著しい蛍光を認めず	

・ろ紙
・N95 規格表示の使い切りマスク
・政府提供ガーゼマスク
・銅布フィルターを組み合わせたマスクなど
(試験条件)
P.F.E 試験： 2.1.2 と同条件で実施
B.F.E 試験： 2.2.2 と同条件で実施
(データベース)
各試料に対する P.F.E，B.F.E の試験結果の一部を表 2 に示す。

3. 結　言

(1) P.F.E 試験，B.F.E 試験について，測定条件の把握やノウハウを蓄積することで，試験体制を整えることができた。
(2) P.F.E 試験の微小粒子捕集効率は試料の帯電状態により影響を受けることから，帯電加工がマスクの性能向上に効果的であることを示した。

表 2　マスクの性能評価データベース

試料名	P.F.E (%)	通気抵抗 (Pa)	B.F.E (%)
JIS 添付白布（綿）1 枚	19.7	2.3	18.4
JIS 添付白布（綿）2 枚	42.2	15.0	33.5
JIS 添付白布(綿)3 枚	30.8	25.3	34.2
JIS 添付白布(絹)1 枚	15.2	0.0	15.4
JIS 添付白布(絹)2 枚	49.4	0.0	20.2
JIS 添付白布(絹)3 枚	55.3	0.0	42.8
ろ紙　1C	71.5	753.3	―
ろ紙　5C	76.4	測定限界以上	―
ろ紙　5A	96.8	906.7	―
N95 規格使い切り不織布マスク	98.8	35.7	90.5
政府配布マスク	65.9	12.0	48.0
銅細線フィルター＋布マスク	99.1	84.0	97.7

(3) B.F.E 試験は，抗菌加工することで向上させることができることを示した。
(4) 各種マスク素材についての試験を行い，データベースを構築した。

謝　　辞

当研究を実施するに当たり，各種情報や試料提供をいただきました多くの県内企業様に感謝申し上げます。

参考文献

1) 三浦一真，古畑雅弘，明歩谷英樹，佐藤清治，皆川森夫，“衛生・医療用繊維製品の性能評価に関する研究”，工業技術研究報告書，No.50，2020，pp.78-81.
2) 愛知県尾張繊維技術センター，“TEXTIL HANDBOOK”，1992，208.
3) 世嘉良宏斗，湧田裕子，池原幹人，“沖縄県工業技術センター研究報告”，第 21 号，2018, 6-9.