マスク試験機を使用したフィルタ性能評価の検討

Consideration of the evaluation method for filter performance using a mask testing device

企画連携係　中村　暢助（NAKAMURA Yosuke）

群馬産業技術センター繊維工業試験場では令和 4 年度にマスク試験機を導入し、マスク用不織布・フィルタ用資材の開発研究を行ってきた。SARS-CoV-2 の流行もあり、近年空気清浄機メーカーをはじめ様々な企業からフィルタの性能試験について相談が来ている。フィルタの試験には本来専用の規格があり、その試験を行わなければならないが、粒子の準備等煩雑な作業が多い。そこでマスク試験機を利用し、フィルタの性能を見積もることが可能か検証した。

１．はじめに

2019 年の COVID-19 の感染拡大を機に、衛生に対する意識は依然として高いままであり、様々な抗菌・抗ウイルス性能の消費者ニーズがある。特に不織布フィルタは安価で大量生産できることから、幅広い分野で活用されている。

フィルタの性能評価について本来は JIS B 9908「換気用エアフィルタユニット・ 換気用電気集じん器の性能試験方法」に従って試験を行うが、フィルタユニットの準備、試薬調製やエアロゾル発生装置の調整など試験準備が大変である。そのため、フィルタのみで簡易的に性能評価ができないかという相談が空気清浄機メーカーをはじめ様々な企業から多数寄せられた。

本研究では繊維工業試験場のマスク試験機を活用し、簡易の試験が可能か検証した。

２．実験方法

試験は JIS T 9001「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」に準拠しバクテリア飛まつ捕集効率試験を行った。

２．１　試験装置

装置はマスク試験機（柴田科学㈱製 BFE-02 型）を使用した。噴霧条件は、カスケードインパクタに捕集される菌の総コロニー数が 1.7×10^3～3.0×10^3CFU、細菌懸濁液のエアロゾルの平均粒子サイズが 3.0±0.3μm となるように調整した。

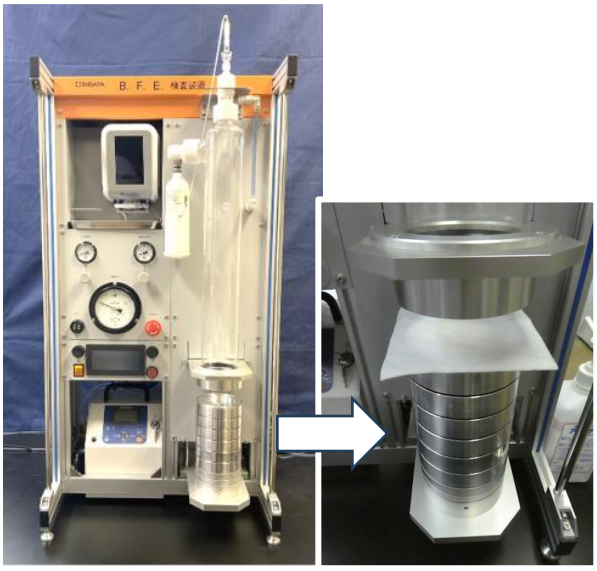

図１　マスク試験機 BFE-02 型（左）と試料をセットした様子（右）

２．２　試料の準備

フィルタは捕集効率が既知の市販フィルタを使用した。フィルタを 120mm×120mm に切り取り、安全キャビネット（日本エアーテック㈱製 BHC-1310IIA2）内に静置し、殺菌灯を試料の両面に 1 時間ずつ照射し滅菌後、恒温恒湿器（東京理化器械㈱製 KCL-2000）に入れ、21℃、85％RH で 4 時間調湿した。

２．３　細菌懸濁液の調製

滅菌済三角フラスコにトリプトンソーヤ培地（TSB）30mL を入れ、そこに黄色ブドウ球菌（Staphylococcus aureus ATCC 6538）を接種し、温度 37℃に設定したインキュベータ（ヤマト科学㈱製 INE800）内に設置した振とう培養器（TAITEC㈱製 NR-3）で振り幅 30mm、110 回/分の条件で 24 時間培養した。その後培養物を細菌懸濁液濃度が約 10^5CFU/mL となるよう生理食塩水で希釈し、滅菌済のバイアル瓶に入れ、マスク試験機に装着した。

２．４　バクテリア飛まつ捕集効率試験

試料を装置にセットした状態（図１）でエアロゾル噴霧を行い、装置各段に設置したシャーレに捕集された菌（図２）のコロニー数を計数し、カスケードインパクタ製造元から提供されたポジティブホール変換表を用いてカスケードインパクタによって捕集された総コロニー数を算出した。

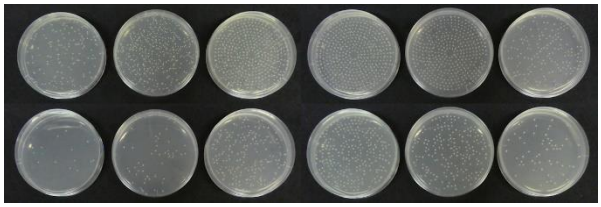

図２　捕集された菌によるコロニー
（上段）コントロール（下段）試料装着時
左から順に１～６段目

以上の結果をもとにバクテリア飛まつ捕集効率を式(1)により算出した。

$$BFE = \frac{A_B - B_B}{A_B} \times 100 \quad \ldots\ldots \ (1)$$

ここで、

BFE：バクテリア飛まつ捕集効率[%]

A_B：コントロール試験の総コロニー数(CFU)

B_B：試料装着時の総コロニー数(CFU)

３．結果と考察

実測値とメーカーの表示値を図３に示す。粒子径が約 3.3μm 以上のエアロゾル粒子はメーカー表示と同等の捕集効率になった。一方で粒子径が 3.3μm 未満のエアロゾル粒子はメーカー表示値より捕集効率が高い結果となった。

フィルタの粒子捕集機構のうち物理的なさえぎりや慣性衝突が径の大きい粒子（1μm 以上）に対して働きやすく、それ以下の粒子に対してはブラウン拡散や静電気力が働きやすいといわれており [1)]、フィルタの繊維に施された加工が影響したものと考えられる。

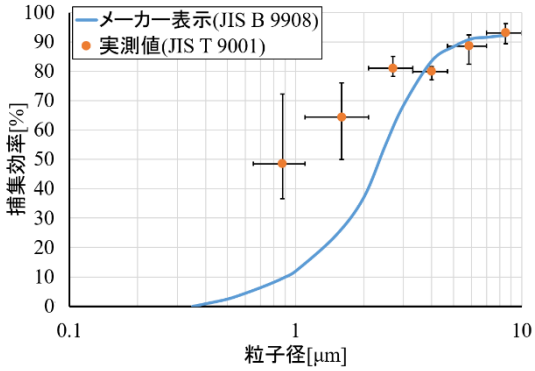

図３　捕集効率

４．まとめ

今回試験を行った抗菌フィルタは、メーカー表示値よりも捕集効率が高かった。約 3.3μm 以上の粒子であれば、JIS B 9908 と同様の結果が得られるが、約3.3μm より小さい粒子の場合はフィルタに施された加工に捕集効率が影響するため、粒子の除去率を評価する場合は、径の正確な PM1.0、PM3.0 等の粒子を使用し、JIS B 9908 で評価を行うのが良いと考える。

一方、抗菌フィルタの性能を高める場合は、細かい粒子を捕集するために静電気力等を利用し、繊維表面を帯電させエアロゾルを捕集する方法は効果的であるといえる。

５．参考文献

1) みんなが知りたい PM2.5 の疑問　畠山史郎・三浦和彦（日本エアロゾル学会）