

## D-3 高風速領域における粗じん用フィルタの性能試験手法に対する提案

### Proposal of pre-filter testing method at high air velocity

○ 加藤孝晴、小谷恵介（株式会社 アクシー）\*1

Air filters have been used to remove airborne particulates from air. In general, the face velocity of air flowing through filters is 2.5 m/s. However, the coarse filters (pre-filter) are sometimes used at a face velocity higher the rated face velocity for achieving a high volumetric flow rate of air. At a high filtration velocity, the main collection mechanisms of particles is inertia and the particles bounce-off and re-entrainment become significant, leading to a decrease in collection efficiency with increasing the filtration velocity. This is a well-known phenomenon, but there are very few studies on this subject because of the low reproducibility of particle re-entrainment data. In this study, we carried out a performance test of pre-filters based on both new and old JIS 9908. The results obtained according to the JIS 9908 Type 3 were compared and we propose the revisions necessary for measuring collection efficiency of pre-filter at a high face velocity.

キーワード

プレフィルタ pre-filter, 性能試験 performance test, 再飛散 re-entrainment

#### 1. はじめに

現在、ビルディング、工場、事務所などにおいて、空気中に浮遊する粉じんを除去するためにエアフィルタが幅広く使用されている。エアフィルタの性能は、圧力損失、粒子捕集率、所定の最終圧力損失に達するまでに供給された試験粉じん量の3項目で表され、フィルタの面風速は2.5 m/s程度が定格であることが多い。しかし、工業用集塵機や車両用空調機などでは定格を超える風速域で使用されることもある。高風速域となるとフィルタ繊維上に捕集され堆積してできるデントライトが破壊されることによる粒子の再飛散が多く発生し、フィルタの捕集率が定格範囲内に比べ低下することが知られている。

そこで、本研究では、フィルタの試験手順として定められているJIS B 9908「換気用エアフィルタユニット・換気用電気集じん機の性能試験方法」を用いて高風速域でフィルタ性能試験を行い、高風速域での本試験法の適用性を検討した。

#### 2. プレフィルタ

エアフィルタの主な粒子捕集機構は、慣性、さえぎり、拡散、重力、静電気力であるが、プレフィルタでは慣性、さえぎりが支配的であり、繊維上に粒子が捕集されるとデントライトと呼ばれる樹枝状堆積物が形成されることが多い。このデントライトの形成により、気流、粒子の衝突などによって捕集粒子が飛散してフィルタ下流に粒子が流出し、捕集効率が低下する。

プレフィルタは中性能やHEPAフィルタに比べ、繊維径が太い不織布で構成されており圧力損失が低いというメリットはあるが、繊維空隙率が高いため、飛散した粒子が下流側へ流出してしまう可能性がある。このため、ほこりのような粗大粒子の除去、あるいは下流の中性能以上のフィルタの前置きフィルタとしてよく使用されている。

#### 3. JIS規格

JIS B 9908は、海外規格が粒径別捕集率を採用したのを受けて、形式2を中心に2011年に改定された。粗じん用フィルタが該当する形式3（質量法）に関し、2001年版と2011年版の主な違いを表1にまとめる。

Table 1 Major changes in Type 3 of JIS B 9908.

	2011	2001
Test duct type	horizontal	upright
Test powder	JIS Z8901 Class 11	JIS Z8901 Class 15
Final pressure drop	250 Pa or recommended by supplier	recommended by supplier or the pressure at 85% of the maximum collection efficiency
Measuring times (minimum)	2 times	4 times

試験用ダクトは縦型から横型へ、試験粒子はJIS Z8901 15種から大気塵に近い粒径分布をもつ11種へ変更となった。試験終了圧力損失については、フィルタ供給者の推奨する数値が不明である場合を考慮して、250 Paが規定値として推奨されている。捕集率測定タイミングは、従来の4回から2回となっている。

\*1 Takaharu Kato, Keisuke Kotani (AQC Corporation)

#### 4. 設備の検討

##### (1) ダクトの検討

弊社が所有している形式3の試験機に使用している送風機の最大風量は70 m<sup>3</sup>/min程度であり、□610の試験体(有効開口: □580)を用いた時の面風速は3.47 m/sである。面風速を上げるために、試験体サイズ392×310(有効開口: 352×270)の試験体を用いた。

また、フィルタ前面・後面で急激に縮流・拡大流が生じないように、試験体のサイズにあわせてレデューサとディフューザを設置した。その他寸法はJISで規定されているダクトにあわせ、試験体の上流・下流にはHEPAフィルタを設置した(図1)。

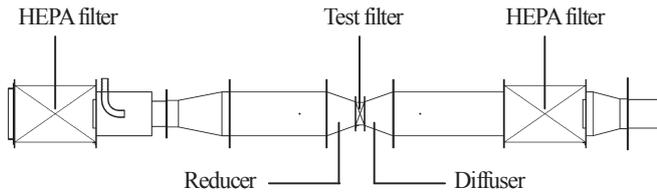


Fig.1 Modified Test duct based on JIS B9908 type 3.

##### (2) 試験装置の構成

試験装置の構成を図2に示す。負荷用粉じんはダストフィーダー式の発生器(Topas社製、MODEL SAG 440)を用い、粉じん濃度: 70±30 mg/m<sup>3</sup>にて供給した。試験体の上下流には静圧取出管を設置し、試験体の圧力損失をマノスターゲージ(山本電機製作所社製、MODEL WO81シリーズ)で計測した。試験風量は配管内にオリフィスを設置しその差圧にて制御を行った。

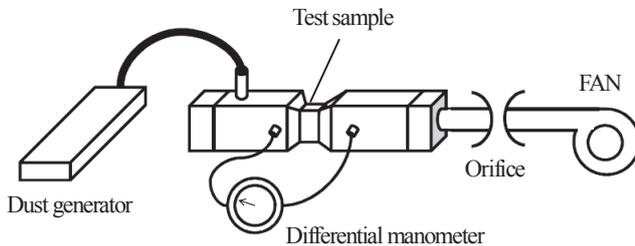


Fig.2 Experimental setup.

##### (3) 粒子捕集率の求め方

質量基準の粒子捕集率は式(1)により算出し、最終圧損まで少なくとも4回の測定を行った。また、質量基準の平均粒子捕集率は式(2)にて算出した。

$$e_i = 1 - \frac{m_i}{M_i} \quad (1)$$

$$\bar{e} = \frac{M_1}{M_T} e_1 + \dots + \frac{M_n}{M_T} e_n \quad (2)$$

$e_i$ : フィルタユニットの質量基準の捕集率 ( $i$ 回目)

$M_i$ : 負荷用粉じん供給量 ( $i$ 回目)

$m_i$ : フィルタを通過した粉じん量 ( $i$ 回目)

$\bar{e}$ : 積算捕集率

$M_T$ : 試験終了までの負荷用粉じん供給総量

#### (4) 試験フィルタの選定

試験ろ材としては、弊社で実績のある不織布ろ材FS-1705W(日本バイリーン社製)を用いた。試験フィルタとしては、FS-1705Wのろ材単板(以下、フラット品)のフィルタと、寿命を1.7倍に伸ばしたプリーツ状フィルタ(以下、プリーツ品)の2種類を準備した。それぞれのフィルタの定格面風速2.5 m/s時の主な仕様を下記表にまとめる。

Table 2 Major specifications of test filters

	Flat	Pleated
Initial pressure drop [Pa]	20	26
Loaded-particle mass at 100 Pa [g/m <sup>2</sup> ]	460	770
Collection efficiencies [%]	57	63

#### 5. 性能試験

##### (1) 新JISに基づく評価

面風速6.0 m/s時(プリーツ品ろ過速度は1.97 m/s)の粉塵負荷時の捕集率は、初期圧損から最終圧損までの間に3回、最終圧損の250 Pa、計4回測定を行った。図3に粉じん供給量と圧力損失の関係、図4に粉じん供給量と粒子捕集率 $e_i$ の関係を示す。図3より、フラット品はプリーツ品に比べ初期圧損は低いが、圧損の立ち上がりは急で最終圧損250 Paに達するまでの粉じん供給量はほぼ同じである。また、図4に示すように、どちらのフィルタも再飛散により捕集率は低下しているが、ろ過速度の高いフラット品の方が捕集効率の低下が著しい。そして、定格面風速ではあまり差がなかった捕集率が、平均の捕集効率では、フラット品がプリーツ品の約半分になっている。

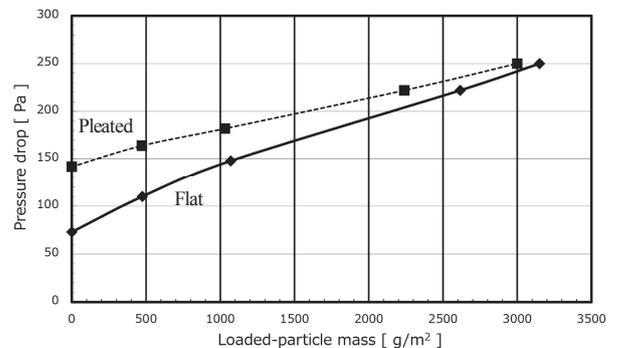


Fig.3 Pressure drop vs. loaded-particle mass for FS-1705W by JIS B 9908:2011 ( $v=6.0$  m/s).

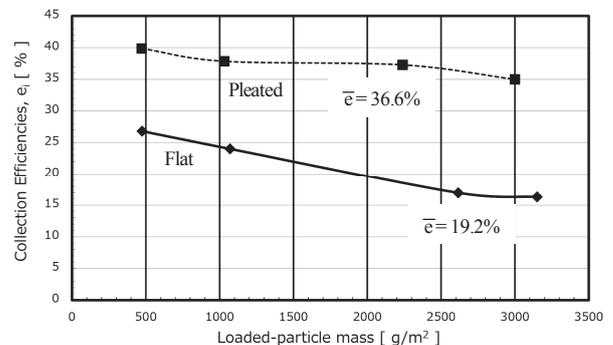


Fig.4 Collection efficiency vs. loaded-particle mass for FS-1705W by JIS B 9908:2011 ( $v=6.0$  m/s).

(2) 測定タイミングの変更

次に旧 JIS で規定されていたように、捕集率の最大値の 85% まで捕集率が低下した時点をも寿命とする測定法について検討した。図 4 に示すように、今回用いたフィルタではいずれも 1 回目の測定値が最大捕集効率になっている。したがって、本来の捕集効率のピークはその前にあると考え、捕集率のピークが出現するまで、5 分刻みで測定を実施し、ピーク出現後は 10 分刻みで捕集率を測定し、ピーク捕集率の 85% まで捕集効率が低下した時点で試験を終了した。

その結果を図 5、6 に示す。粉じん供給量と圧力損失の関係を示している図 5 ではブリーツ品の粉じん供給量はフラット品に比べ 2.8 倍の値を示している。また、図 6 ではフラット品は急激に低下しているが、ブリーツ品の効率は比較的安定している。

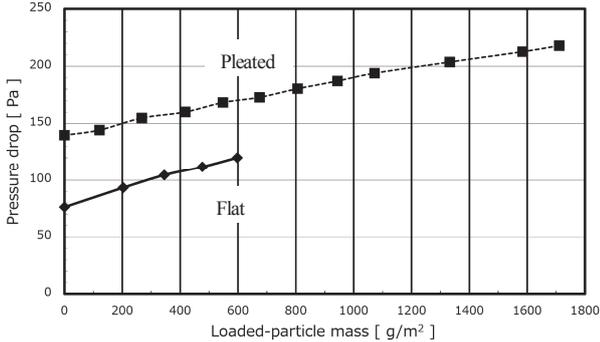


Fig.5 Pressure drop vs. loaded-particle mass for FS-1705W by the proposal method (v=6.0m/s).

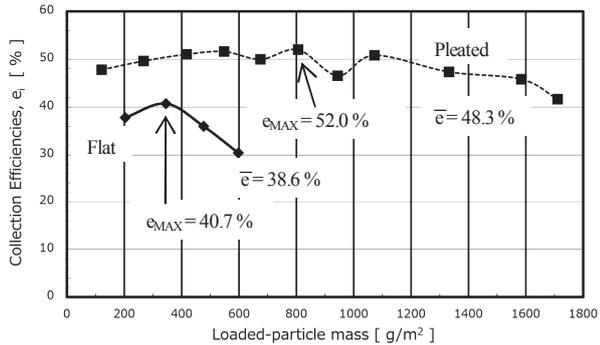


Fig.6 Collection efficiency vs. loaded-particle mass for FS-1705W by the proposal method (v=6.0 m/s).

図 3 と図 5、図 4 と図 6 のフラット品のデータを比較した (図 7、8)。図 7 から粉じん供給量と圧力損失の関係は一致しており、再現性のあるデータであることがわかる。一方、図 8 から、新 JIS に基づく試験ではフィルタの捕集率が低下した後に測定を開始していることがわかる。ISO / FDIS 16890-3 では、最初の捕集率の測定は 30g の負荷、または圧損 10Pa の上昇のどちらか早い方で実施することになっているためこのような問題は生じないと考えられる。従って、JIS B9908 形式 3 については早急な改定が望まれる。

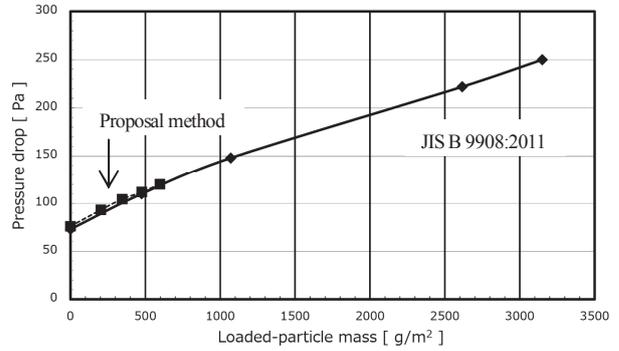


Fig.7 Pressure drop vs. loaded-particle mass for FS-1705W by the proposal method (v=6.0m/s).

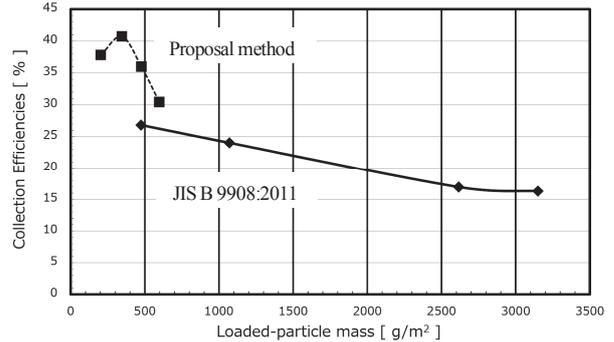


Fig.8 Collection efficiency vs. loaded-particle mass for FS-1705W by the proposal method (v=6.0 m/s).

6. まとめ

高風速域でのフィルタの試験方法の検証を行った結果、以下の結果が得られた。

- (1) 捕集率のピークを確認しその捕集率から最終圧力損失を定義した試験方法で性能測定を行うと、高風速域においてもブリーツ品の粉じん供給量 (寿命) はフラット品に比べ 3 倍程度長く、定格風速での測定結果と同じ傾向が確認できた。
- (2) 定格以上の高風速域では、粒子や流れの衝突などにより再飛散が起き、粒子捕集率は低下する。
- (3) 再飛散が起こる条件では、測定するタイミングによって粒子捕集率は変わり、最終圧損を 250Pa として試験を行うと過小評価することになる。

ユーザーにとって必要な情報は、そのフィルタを現場に設置したときの性能であり、正確に捕集率を測定するには測定回数を増やすことが必要である。また、最終圧損の定義についても見直す必要があると考える。

参考文献

- 1) 一般財団法人 日本規格協会：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 JIS B 9908：2011