

一般研究発表－(7)

リフラクトリーセラミックファイバーに対するろ過材の性能

○田中 鎌士、鶴岡 俊之、鈴木 貴昌、蔵野 理一、山田 比路史（株式会社重松製作所）
小西 雅史、小西 淑人（株式会社エフアンドエーテクノロジー研究所）

1. はじめに

厚生労働省から「化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会報告書」が公表され、リフラクトリーセラミックファイバー（以下、RCF）は、特定化学物質障害予防規則の「管理第2類物質」と同様の措置を講じる必要があると結論付けられた。

また、厚生労働省の化学物質リスク評価検討会では、RCFによる人に対する毒性が石綿に近いものとしている。

これらの情報から、RCFによる人体への有害性は、石綿に対するものに近いと推定され、有効な呼吸用保護具としては、「建築物等の解体等の作業での労働者の石綿ばく露防止に関する技術上の指針」で定められている内容と同様に、国家検定に適合した取替え式防じんマスク及び電動ファン付き呼吸用保護具（以下、PAPR）が適当であると考えられる。

しかしながら、RCFに対するこれらの呼吸用保護具用ろ過材の性能評価についての報告は見られない。

そこで、国家検定に適合した取替え式防じんマスク及びPAPRのろ過材について、実験室において、RCFに対する性能調査を行ったので報告する。

2. 試験方法

表1に示す試料及び試験条件で、図1の試験系を用いて、RCFに対する、ろ過材の捕集効率及び通気抵抗を連続して測定した。

a) 試験粒子

試験粒子は、一般的な性状のセラミックファイバーであるイソウル 1260（イソライト工業社製）を粉碎し、500 μ mのふるいに通したものを使用した。

b) 試験流量

試験流量を30 L/minとした。

ろ過材N3は、取替え式防じんマスクにろ過材を2個取り付けるため、半分の流量の15 L/min、ろ過材C2は、1個取り付けるため30 L/minとした。

装着者の呼吸に合わせて電動ファンが送風量を変化させるプレスレスポンスタイプのPAPR用ろ過材（V3及びG2A）では、ろ過材に送風される流量の平均値である38 L/minとした。

c) 捕集効率及び通気抵抗

捕集効率は、デジタル粉じん計（柴田科学製 AP-635FM及びAP-635FH）と接続した粉じんデータ処理システム（柴田科学製 DPS-20）を用いて測定した。

また、チャンバからフィルタに採取したRCF及びバックアップフィルタに捕集されたRCFの繊維数からも、捕集効率を求めた。

試料ボックス前後の差圧をマンメータによって測定し、通気抵抗とした。

表1 試料及び試験条件

No.	試料		試験条件		
	呼吸用保護具の種類	ろ過材	試験流量 [L/min]	通気時間 [min]	
1	取替え式	N3	15	600	
2	防じんマスク	C2	30	600	
3	PAPR	V3	38	600	
4		G2A	38	600	

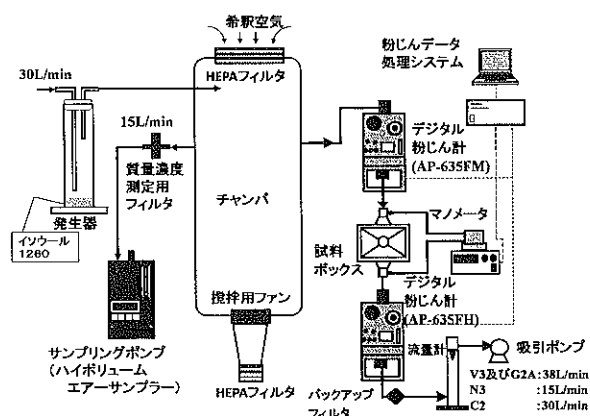


図1 試験系概略図

d) 質量濃度

質量濃度は、チャンバ内のRCFをフィルタに捕集させた時の質量変化から算出した。

3. 試験結果

試験結果を表2に示す。

表2 試験結果

試料						試験結果										
No.	呼吸用保護具の種類	ろ過材型式 【国家検定の区分】	有効ろ過面積 (cm ²)	試験流量 (L/min)	通気時間 (min)	質量濃度 (¹) (mg/m ³)	捕集効率						通気抵抗 (Pa)			
							デジタル粉じん計			繊維数濃度			RCF供給前	RCF供給後	供給前後の差	ろ過材の交換目安
							環境側 (CPM)	透過側 (CPM)	測定結果 (%)	環境側 (²) (f/L)	透過側 (³) (f/L)	算出結果 (%)				
1	取替え式 防じんマスク	N3 【RL3】	340	15	600	115.0	1250	0.28	>99.9	>353,600	0.07	>99.9	43	48	5	98
2		C2 【RL2】	340	30	600	113.6	1198	0.13	>99.9	>352,700	0.02	>99.9	40	51	11	
3	PAPR	V3 【PL3】	680	38	600	154.0	988	0.16	>99.9	>555,400	0.43	>99.9	63	78	15	143
4		G2A 【PL1】	340	38	600	118.9	1103	0.11	>99.9	>519,400	0.50	>99.9	48	68	20	

注(1)：チャンバ内を15 L/minの吸引流量で60分間のサンプリングを行った。

(2)：繊維数濃度はアセトートリアセチン法を用いて計測した。

(3)：電子顕微鏡及び電子線マイクロアナライザーを用いて計測した。

(4)：取替え式防じんマスク用ろ過材が2個付きのN3の場合、1個に20 L/minで通気されると仮定し、換算した。

3. 1 捕集効率

デジタル粉じん計及び繊維数計測の方法ともに、取替え式防じんマスク用ろ過材及びPAPR用ろ過材の捕集効率は、>99.9 %となった。

試験を行ったチャンバ内の質量濃度は、113~154 mg/m³となった。

また、繊維数計測から求めた濃度は、環境側（チャンバ内）3536,00~555,400 f/L、透過側（バックアップフィルタに捕集されたRCF）0.02~0.50 f/Lとなった。

この透過側の濃度は、石綿の管理濃度及び許容濃度である0.15 f/cm³（150 f/L）及び0.003 f/cm³（3 f/L）より十分低い値であり、新たに管理濃度等検討会で決定されたRCFの管理濃度0.3 f/cm³（300 f/L）に対しても、低い値であった。

3. 2 通気抵抗

当社では、取替え式防じんマスク用ろ過材の交換目安として、40 L/minで130 Paを超えた時、PAPR用ろ過材については150 Paを超えた時（150 Paを超えると「フィルタ交換インジケータ」が作動）と推奨している。

今回の試験流量（30 L/min）に換算すると、取替え式防じんマスク用ろ過材は98 Pa、PAPR用ろ過材については143 Paとなり、いずれのろ過材も、交換目安である通気抵抗に達していなかった。

4. まとめ

RCFに対して、いずれのろ過材も捕集効率は、>99.9 %と高い捕集性能を示した。

また、ろ過材にRCFを10時間供給してもまだ使用可能な通気抵抗であることから、新品のろ過材であれば、RCFを取り扱う作業場で1日以上使用できると推定される。

今回の試験は、RCFに対するろ過材の性能調査を行ったが、実際に作業者が呼吸用保護具を使用する際には、マスクと顔面の密着性が問題となる。

呼吸用保護具を選択する際には、このフィットネスを考慮する必要があり、常に面体内圧を陽圧に維持するPAPRであれば、フィットネスの問題を低くすることができる。

田中 鎌士

株式会社重松製作所 研究部

〒339-0046 埼玉県さいたま市岩槻区谷下267

048-757-2611

206

人造鉱物性繊維に対する

防じんマスク性能測定試験

○彦野政治、木村一志、野崎亘右（興研株式会社）

1. はじめに

アスベストを取り扱う際に発生する繊維状粒子の吸入が原因で肺ガンをはじめとする健康障害が発生することが知られ、アスベストに代わる繊維状物質として人造鉱物性繊維が代替材料として既に使用されはじめている。しかし、繊維状物質の発ガンに関しては、物質の化学組成や結晶構造には関係なく、細くて長く、かつ体内で溶解しにくい物質が問題であるとの見解も出されていることから、すでに工業繊維材料として使用されている人造鉱物性繊維から発生する繊維状粒子に対する吸入防護の必要性が問われている。

そこで、本研究では人造鉱物性繊維の中でも比較的繊維径が細く、繊維状粒子が発生しやすいと考えられるセラミックファイバー及びチタン酸カリウムウイスキーについて、実験的に繊維状粒子を発生させ、現在一般的に市販されている当社の代表的な防じんマスクについて性能確認試験を行ったので報告する。

2. 試験方法

(1) 試験方法及び装置

試験繊維状粒子は、あらかじめ各人造鉱物繊維を短く裁断し、ガラスビーズと共にガラス製の円筒に入れ、バイブレーターで振動を与えながら発生させた。発生した繊維状粒子は清浄希釈空気で円筒内から混合槽へ送り出され、更に一定の清浄空気を混合することによって所定濃度に調整した。試験系統図を図1.に示す。

上流、下流のに設置したデジタル粉じん計で粉じん濃度をモニタしながら、繊維状粒子の濃度はメンブランフィルタ（ポアサイズ＝ $0.8\mu\text{m}$ ）に捕集した後、走査型電子顕微鏡（SEM）により観察し、単位視野面積当たりの繊維本数から繊維状粒子の濃度を求めた。防じんマスクの捕集効率測定試験においては、上流濃度及び下流側の漏れ濃度は流量 2 l/min で、繊維状粒子の堆積開始から終了時点の全時間に渡ってサンプリングし、SEM写真により繊維状粒子の濃度を計測し、捕集効率を算出した。

捕集効率の計算は下式による。

$$E(\%) = (1 - C_0 / C_1) \times 100$$

C_0 ：試験空気中の繊維状粒子本数（本/cf）

C_1 ：マスク通気後の繊維状粒子本数（本/cf）

(2) 試験マスク

試験に用いた市販防じんマスクの形式を表1.に示す。

表1. 試験マスク

①	6005RR	④	1180
②	ハイラック310	⑤	1110
③	1010A-03	⑥	1121R

(3) 試験条件

試験条件を表 2. に示す。

表 2. 試験条件

試験粒子	試験粒子 A	試験粒子 B
	セラミックファイバー	チタン酸カリウムウイスキー
試験濃度	平均 約 400 本 / cm ³	平均 約 2500 本 / cm ³
試験流量	定常流 30 l / min	
堆積時間	1 時間	

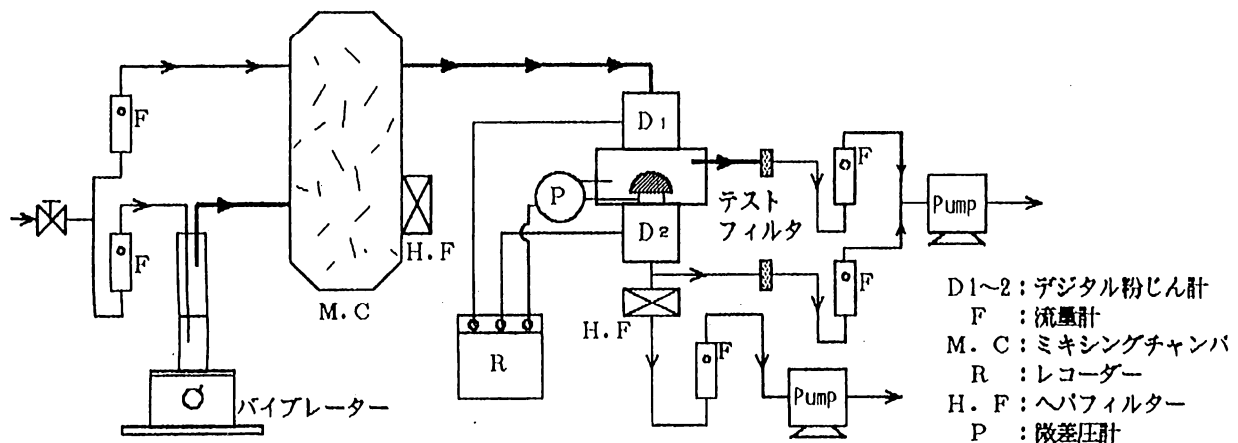


図 1. 人造鉱物繊維試験系統図

3. 結果及び考察

市販防じんマスクの人造鉱物性繊維から発生する繊維状粒子に対する捕集効率測定試験結果を表 3. に示した。各マスクとも下流側には繊維状粒子の漏れは確認されなかった。計測限界から判断すると 1 時間当たりの平均捕集効率は 99 % 以上であった。

また、繊維状粒子の濃度モニターとして使用したデジタル粉じん計による堆積性能特性の結果からも繊維状粒子及びそれ以外の粉じんを含む性能は、ほとんどのマスクにおいて 99 % 以上の捕集効率を示していることが分かる。また、通気抵抗はほとんど上昇しないことから、繊維状粒子の堆積ではフィルタは比較的に詰まりにくいことが確認された。

表 3. 試験マスクの捕集効率測定試験結果

試験マスク	粒子 A	粒子 B
	捕集効率 E (%)	捕集効率 E (%)
6005RR	>99	>99
ハイラック 310	>99	>99
1010A-03	>99	>99

試験マスク	粒子 A	粒子 B
	捕集効率 E (%)	捕集効率 E (%)
1110	>99	>99
1180	>99	>99
1121R	>99	>99

4. まとめ

今回試験に用いた市販防じんマスクは繊維状粒子に対して高い捕集性能を示すことが確認された。また、通気抵抗の上昇も少ないことから比較的長時間使用することが可能と判断される。実際の人造鉱物繊維使用現場において飛散する繊維状粒子濃度は数本 / cm³ 程度以下との報告例があることから、本実験から判断すると市販防じんマスクは繊維状粒子の吸入防護に対して十分有効であると考えられる。

【補足資料】

試験に使用したマスクの型式検定規格における粒子捕集性能

試験に使用した 防じんマスク	検定番号	合格日	検定書類に記載した粒子捕集効率 (%)					
			No1	No2	No3	No4	No5	AVE.
取替え式防じんマスク 6 0 0 5 R R	第 122 号	1994.10.2	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.90
使い捨て式防じんマスク ハイラック 3 1 0	第 210 号	1998.12.20	98.7	99.3	99.2	98.5	98.4	98.82
取替え式防じんマスク 1 1 2 1 R	第 100 号	1983.1.26	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.90

※1983 年～2000 年当時の防じんマスクの規格：

試験粒子には $2\mu\text{m}$ 以下の石英粉じんが使用され、毎分 40L の試験流量でろ過材に通気した際に 95%以上の粒子捕集性能を担保することが求められていました。