

集じん機用難燃性フィルタ

Flame retardant filter for dust collector

鬼束 真実*

Manami Onitsuka

天野 寛之*

Hiroyuki Amano

The flame retardant filter was developed and commercialized as a part of the approach to the fire countermeasure for the realization of safe Ductless dust collection. It is possible to provide the material which is inexpensive and sufficient flame retardant performance to the customer by applying fire retardant processing to polyester material commonly used. In this paper, we report that V-0 was achieved in flame retardant standard UL94-V, basic characteristics evaluation of filter media before and after processing, and test results of dust collection characteristics of the developed flame retardant filter. The flame retardant processing method and the flame retardant mixture components are not disclosed.

KEY WORDS: Flame retardant filter, Polyester material, UL94-V, V-0, Ductless dust collection

1. はじめに

工場における粉体・設備火災は人的・物的被害に加え、企業の社会的信用を失う恐れがある。そのため、その発生抑制・被害低減対策技術の確立が求められている。

一方、レーザー・プラズマ加工またはグラインダ作業をはじめ、火種を含む粉じんの集じんにおいては多くの火災被害事例が報告されている。火災原因の多くは静電気または火の粉の吸引によるものであり、その対策として導電性部材の選定やアースボンディング、集じん機前へプレダスタやサイクロンなどが設置されている。また、万一の火災発生時には早期に火災を検出し、その被害を最低限に抑えることが重要となる。

この度弊社にて商品化した難燃性フィルタは、万一の火災発生時の延焼被害低減を目的としたものである。集じん用フィルタとして一般的に広く用いられているポリエステル素材のフィルタに対し、十分な難燃性を付与し、多くのお客様の火災被害低減と安全性向上に繋げることを狙いとした。本稿では、プリーツ形状のフィルタとして広く採用されているポリエステルспанボン品（以下、PEs品）及びそれにPTFEメンブレンを付与したポリエステルспанボン

ドPTFEメンブレン品（以下、PTFE膜品）の難燃性能及び集じん用フィルタとしての基礎物性について報告する。

2. 燃焼機構とポリエステル素材の難燃化

2.1 燃焼機構と難燃化

一般的に、ポリエステル素材を含む有機物質の難燃化機構はFig. 1のように表される^{1) 2) 3)}。

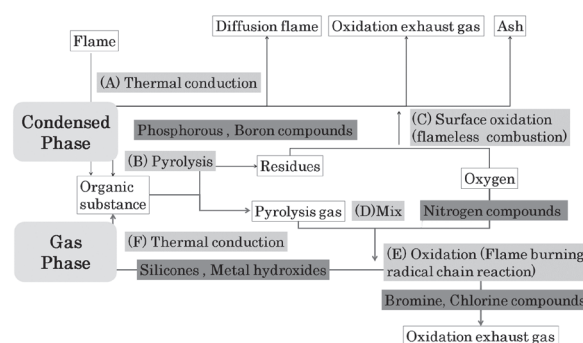


Fig. 1 Schematic diagram for the combustion process cycle of polymers.

着火源からの熱により有機物は熱分解され熱分解ガスと有機物残渣が生成される。このうち、熱分解ガスは空気中の酸素と混合し可燃性ガスとなり、これに着火すると炎をあげて燃焼する。この燃焼により生成する熱は、残存する有機物に伝えられ、新たな熱分解を起こす。以後、このサイ

クルの連鎖によって燃焼が継続する。難燃性付与はこのサイクルを断ち切るために、不活性ガスを発生し相対的に酸素濃度を低下させたり、火災や加熱により燃焼する材料から熱源を取り去ることにより、燃焼の継続を妨げ、自然と消炎する性能（自己消炎性）を持たせるものである⁴⁾。

2.2 ポリエステル素材の燃焼

ポリエステル素材は可燃性溶融型であり、燃えながら融解するというドリップ現象を伴うことが燃焼の特徴である。

3. 開発目標

難燃性目標値は、アメリカ保険業者安全試験所（Underwriters Laboratories Inc.: UL）が策定するUL94 垂直燃焼試験（UL94V）で最も難燃性が高い評価：V-0 相当とした。

本規格は、製品安全規格のうち、産業資材用途のプラスチック材料に対する難燃性認証基準として広く用いられる。

4. 難燃性能の評価

4.1 フィルタ材料

試験用サンプルとして、集じんフィルタPEs品及びPTFE膜品を用いた。Table 1 にそれぞれのサンプルの物性値を示す。

Table 1 Test filter list.

Item		PEs filter	PTFE filter
Wight (g/m^2)		260	290 ± 50
Thickness (mm)		0.62	$0.33 \sim 0.83$
Tensile Strength ($\text{N}/50\text{mm}$)	Warp	1200	Above 441
	Weft	750	Above 245
Air Permeability ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)		11	$2.0 \sim 4.0$

4.2 難燃剤

環境影響を考慮し、ハロゲンフリーの難燃剤を用いた。また、ポリエステル素材のドリップ現象を抑制するため、リン窒素とホウ素を含有する難燃剤を試験用難燃剤として用いた。その他成分などの詳細については開示を控えさせていただく。

4.3 試験方法

フィルタ材料に各濃度の薬剤を含浸させた後、恒温槽内にて十分乾燥させたものを試験サンプルとして用いた。

垂直燃焼試験（UL94V試験）の概略図をFig. 2 に示す。幅 $13 \pm 0.5\text{mm}$ 、長さ $125 \pm 5\text{mm}$ の試験片をクリップに挟み、10 秒間の接炎を2回行う。この時のサンプル燃焼時間と溶融物落下による綿への着火有無により、難燃性評価を行った。評価基準の概略をTable 2 に示す。

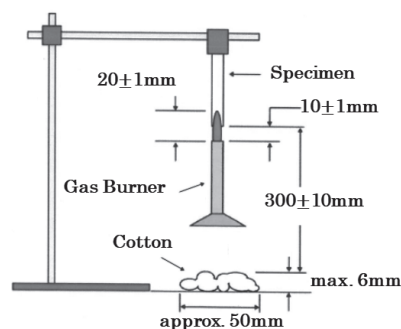


Fig. 2 Schematic diagram of UL-94 vertical burning test.

Table 2 Requirements of UL94V test.

Classifications	Incombustibility		
	High ←	Medium	→ Low
	V-0	V-1	V-2
Number of specimen	5	5	5
Thickness of specimen	up to max. 13mm		
1st Flame application	10sec.	10sec.	10sec.
2nd Flame application	10sec.	10sec.	10sec.
Afterflame time after 1st flame application for each individual specimen	max. 10sec.	max. 30sec.	max. 30sec.
Afterflame time after 2nd flame application for each individual specimen	max. 30sec.	max. 60sec.	max. 60sec.
Total afterflame time for all 5 specimen after 1st and 2nd flame application	max. 50sec.	max. 250sec.	max. 250sec.
Afterflame or afterglow of any specimen up to its end allowed	No	No	No
Cotton indicator ignited by flaming particles or drops allowed	No	No	Yes

4.4 燃焼性試験結果

Table 3 に燃焼試験の試験結果を示す。難燃剤の付着を多くするほど難燃性効果が高まり、PEs品は $30\text{g}/\text{m}^2$ 以上、PTFE膜品は $50\text{g}/\text{m}^2$ 以上でV-0を達成することを確認した。また、V-0を達成するにはPTFE膜品の方がPEs品より多くの難燃剤が必要となる結果となった。これは、PTFE膜品は燃焼中にPTFE膜がポリエステル溶融物を保持することで、火炎を有する溶融落下物が大きくな

るが、これが綿に着火しない程度に燃焼性を抑えるには、多くの難燃剤が必要となるためと考える。

Table 3 UL94V test of PEs filter and PTFE filter treated with different flame retardant deposition amount.

Item	Flame retardant deposition amount (g/m ²)						
	20	30	40	50	60	70	80
PEs filter	V-2	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0	V-0
PTFE filter	V-2	V-2	V-2	V-0	V-0	V-0	V-0

5. 集じんフィルタ性能確認

5.1 フィルタの基礎物性評価

集じん用フィルタとして採用するに当たり、下記項目についてフィルタの基礎物性を確認した。

- ① 厚さ (JIS L 1913 A法)
- ② 引張強度 (JIS L 1913)
- ③ 通気度 (JIS L 1913)

5.2 フィルタの基礎物性結果

①厚さ

Fig. 3、4に難燃加工前後の比較を示す。PEs品は難燃加工前0.65mmから0.66mmになり、厚くなる傾向が見られた。この方法は、フィルタ面に荷重をかけて測定するものであり、難燃剤が繊維表面に付着したことにより繊維剛性が高くなったためと考えられる。一方、PTFE膜品については、処理前後で厚みに変化は見られなかった。これらのことから、いずれのフィルタも差異は小さく、集じん用フィルタとして使用するのに問題ない程度であることが確認された。

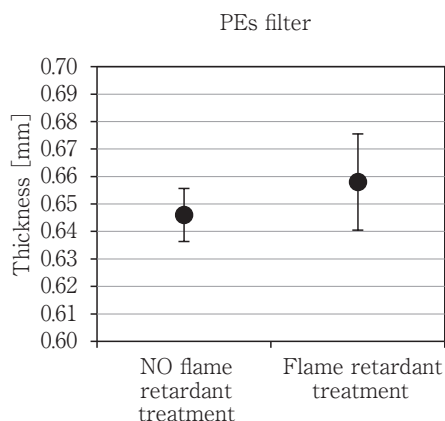


Fig. 3 Thickness of the PEs filter before and after flame retardant treatment.

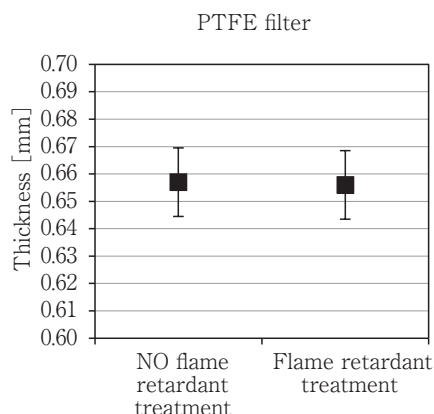


Fig. 4 Thickness of the PTFE filter before and after flame retardant treatment.

②引張強度

試験結果をTable 4に示す。難燃加工によるフィルタの引張強度への影響は無いと判断した。

Table 4 Tensile Strength test of the filters before and after flame retardant treatment.

Item	N=10	Catalog data		No Flame retardant treatment		Flame retardant treatment	
		Strength (N)	Elongation (GL %)	Strength (N)	Elongation (GL %)	Strength (N)	Elongation (GL %)
PEs filter	Warp	1263	30	1311.7 (± 19.3)	43.5 (± 2.3)	1072.2 (± 35.1)	44.2 (± 2.6)
	Weft	719	25	745.9 (± 42.5)	38.7 (± 4.4)	763.8 (± 161.6)	43.9 (± 4.0)
PTFE filter	Warp	Above 441	—	1152.4 (± 52.9)	47.1 (± 2.9)	1242.1 (± 161.6)	33.8 (± 3.3)
	Weft	Above 245	—	751.2 (± 25.9)	34.7 (± 3.7)	582.2 (± 29.1)	29.0 (± 3.0)

③通気度

Fig. 5に難燃剤の付着量と通気度の関係を示す。難燃剤付着量の増加とともに、通気度は減少する傾向が見られた。この原因をSEMによる繊維の状態を確認した(Fig. 6)。PEs品画像からは、難燃加工品はフィルタ繊維間の通気部に難燃剤固形物が存在することが確認できる。また、PTFE膜品画像からは、PTFE膜には固形物付着が見られず、ポリエステル繊維部に付着した固形物が抵抗となり、通気度を低下させていると考える。

また、PEs品でV-0達成の30g/m²まで付着させると通気度は20%ほど低下するが、実運用において集じん機のろ過速度は1～2m/min程度で運転されることが多く、その場合の圧力損失に換算するとPEs品で0.01 kPa程度であり、実

運転安定圧の1～2kPaと比べてはるかに小さな値であることから、実運用上問題ない差異と判断した。

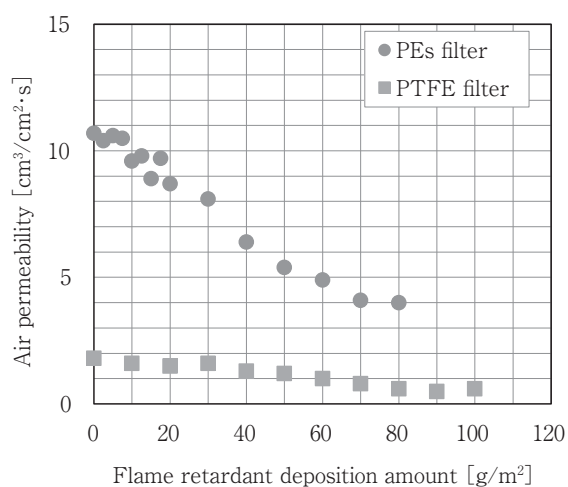


Fig. 5 Air Permeability change of the filters with different concentration flame retardant treatment.

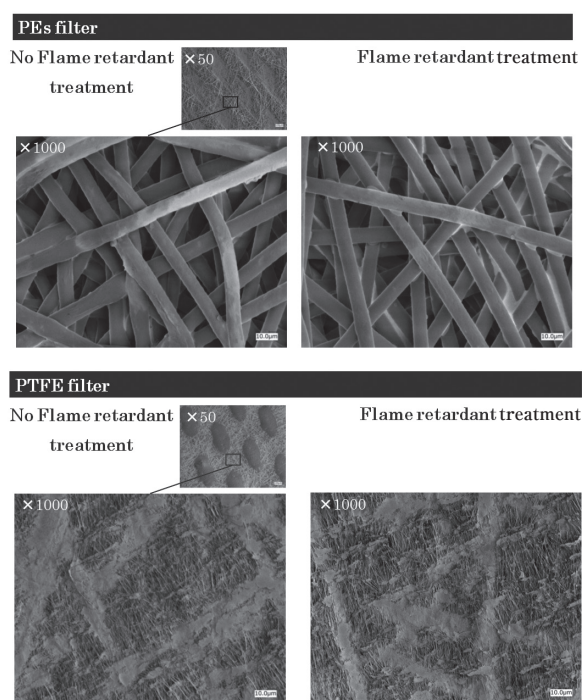


Fig. 6 Scanning Electron Microscope Photos of the filters before and after flame retardant treatment.

5.3 運転圧力損失試験結果

難燃加工有無による運転圧力損失への影響確認をするため、集じん試験を行った。試験の概略図をFig.7に示す。

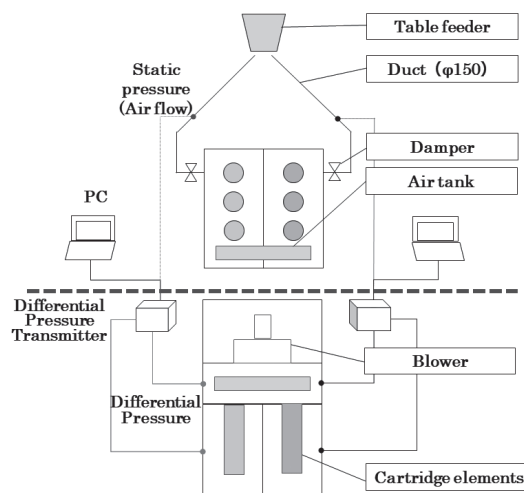


Fig. 7 Schematic of dust collection test.

集じん機内を2室に分け、難燃加工有無のフィルタをそれぞれ設置し、テーブルフィーダにて粉じん（けい砂、メジアン径 $7.5\mu\text{m}$ ）を定量的に供給しながら、集じん操作を行った。定期的に粉じん払落し操作を行い、各フィルタのろ過速度 2.0m/s で一定となるように制御した。エレメント圧が安定するまで試験を継続し、安定圧力損失を比較した。

Fig. 8、9にPEs品とPTFE膜品のそれぞれの結果を示す。両フィルタとも集じん試験において、エレメント圧に大きな差異はなく運転できることが確認された。また、詳細は割愛させていただくが、試験後のフィルタにおいても試験前と同等の難燃性能を有することを確認している。

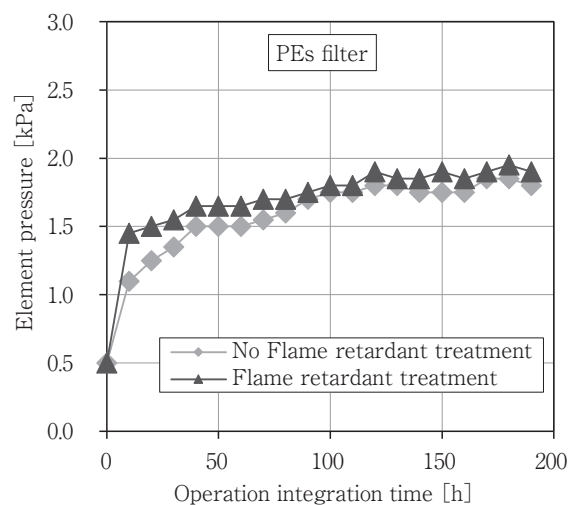


Fig. 8 Element differential pressures comparison of PEs filter between flame retardant treatment or not during dust collection test.

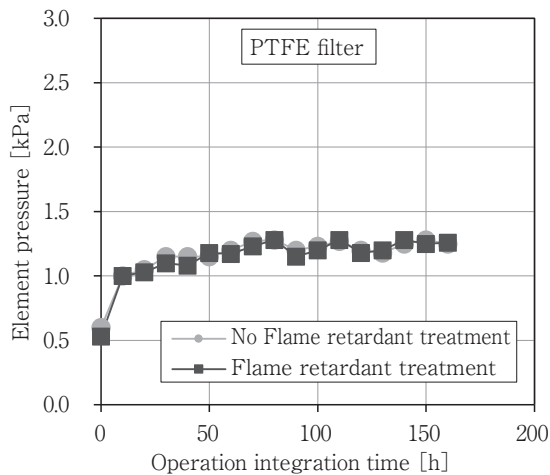


Fig. 9 Element differential pressures comparison PTFE filter between flame retardant treatment or not during dust collection test.

6. まとめ

一般的に広く採用されているポリエステル系素材に対し難燃性能を付与させ、UL94V燃焼試験のV-0 相当を達成する難燃性フィルタを商品化した。本商品をお客様に採用いただくことで、万一の集じん機内部での火災時に延焼を抑制し、火災被害を低減することを可能とした。

今後もお客様の安全と健康を守るため、火災リスクゼロの実現に向けた技術確立と商品化を進めていく。

参考文献

- 1) R.H Barker, M.J.DREWS; Final Report NBS-GCR-ETIP 76-22, NBS (1976)
- 2) 秋田一雄；高分子の熱分解と耐熱性，培風館，p.252 (1974)
- 3) 加藤康夫；最新の衣料素材，基礎データと資料，化学繊維篇（繊維学会編），文化出版局，p.59 (1993)
- 4) 古屋國蔵；繊維便覧第2版（繊維学会編），丸善，p.214 (1994)