

203 充填層式リングフィルタの微粒子捕集特性

Fines Deposition Characteristics in an Annulus Packed Bed Filter

○学 福士 眞之(室蘭工大) 正 河合秀樹(室蘭工大) 高橋洋志(室蘭工大)
 Masayuki Fukushi, Muroran Inst. of Tech Kawai Hideki, Muroran Inst. of Tech
 Hiroshi Takahashi, Muroran Inst. of Tech

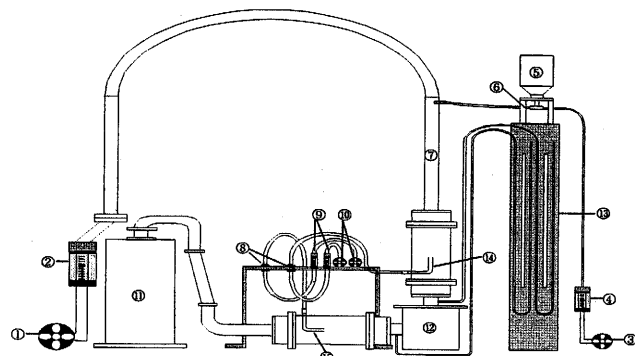
1. 緒言

工業上、高温・高圧ガスに含まれる微粒子やダストを高効率で除去することにより、集塵後のガスを有効に利用できる事例は多いが、この場合有効な方法の一つに砂・砂利・セラミック粒状物を濾材として充填層を形成させて用いるリングフィルタがある。

本実験では、二重円筒容器の環状部に濾材粒子を充填した小型リングフィルタを用い、固定層状態での集塵効率と圧力損失から集塵特性を評価した。このフィルタは粒子を重力により移動させた場合は固気直交流れとなり、平行パネル型直交式のフィルタに比べていくつかの利点があるとされている。濾材粒子としてガラスビーズを用い、粒径の異なる2種類の粒子をリング状二層配置し、この二層の濾材粒子層幅を変えて集塵機構を調べた。

2. 実験装置および実験方法

本実験で使用した実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。実験装置は主に試験部であるリングフィルタ、ダストをリングフィルタに送り込むダスト供給部、リングフィルタの入口・出口でダスト濃度と圧力損失を計測する測定部から構成される。実験中、ダスト粒子はテーブルフィーダによりエゼクタに供給され、コンプレッサによりダスト拡散混合容器へ噴霧され、ブローアから送られてくる清浄ガスと混合し含塵ガスとなる。この含塵ガスはリングフィルタへ送られ、濾材粒子層により集塵された後、集塵しきれないダストはバグフィルタにより回収される。



- ① Blower ② Flow meter ③ Rotary Compressor
- ④ Flow meter ⑤ Rotary table feeder ⑥ Ejector
- ⑦ Dust mixing tube ⑧ Filter paper ⑨ Flow meter
- ⑩ Suction pump ⑪ Bag filter ⑫ Ring filter
- ⑬ Water manometer ⑭ ⑮ Suction pipe

Fig. 1 Experimental apparatus

Fig. 2 にリングフィルタ内部を示す。濾材充填部を2層に充填する場合、内側に濾材粒子径 3mm の粒子を、外側に 2mm の粒子を充填した。また、充填層の距離を内側から外筒方向に1対1に取ったものを2層(1:1)とした。また同様に2対1に取ったものを2層(2:1)と呼ぶ。

実験条件を Table1 に、濾材粒子の物性値を Table2 に、ダスト粒子の物性値を Table3 にそれぞれ示す。

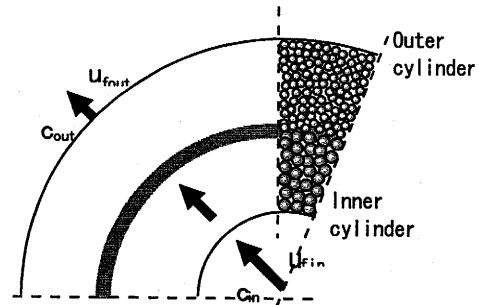


Fig. 2 Cross section of ring filter

Table1 Experimental conditions

		Single layer (2mm)	Single layer (3mm)	Two layers (1:1)	Two layers (2:1)
Speed of entrance gas empty cylinder	U_{in} [m/s]	0.4			
Gas mass flow	Q [m ³ /h]	45.2			
Amount of suck	q [m ³ /s]	5.0×10^{-3}			
Amount of dust supply (Target value)	w_e [g/min]	0.9			
Amount of dust supply (Experiment value)	w_e [g/min]	0.907	0.903	0.892	0.897
Density of entrance dust (Target value)	C_{in} [g/m ³]	1.2			
Density of average entrance dust (Experiment value)	C_{in} [g/m ³]	1.151	1.159	1.221	1.090
Sampling duration	ΔT [min]	5			

Table2 Physical properties of particle

	Mean particle size [μm]	Space rate [-]	Bulk density [kg/m ³]	True density [kg/m ³]
Single layer (2mm)	2.0×10^{-3}	0.345	1638	2500
Single layer (3mm)	3.0×10^{-3}	0.326	1684	2500
Two layers (1:1)	3.0×10^{-3}	0.360	1800	2500
	2.0×10^{-3}	0.325	1686	2500
Two layers (2:1)	3.0×10^{-3}	0.322	1694	2500
	2.0×10^{-3}	0.370	1576	2500

Table3 Physical properties value of dust particle

Dust particle	Mean particle size [μm]	True density [kg/m ³]
Flyash	5×10^{-6}	2150

実験はサンプリング時間を5分間とり、その時得られたダスト量を電子天秤で測定することにより、壁部でのダスト捕捉も含む総括集塵効率 E_T を式(1)から求めた。また、サンプリングは5分間おきに行った。ここで得られた E_T と粒子を充填しない別の実験により求めた壁部の集塵効率 E_w^* より、粒子層正味の集塵効率 E_b を式(2)で計算し求めた。

$$E_T = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \quad \dots(1)$$

E_T : 総括集塵効率 [-]
 C_{in} : 入口ダスト濃度 [kg/m³]
 C_{out} : 出口ダスト濃度 [kg/m³]

$$E_b = 1 - \frac{1 - E_T}{1 - E_w^*} \quad \dots(2)$$

E_b : 濾材部集塵効率 [-]
 E_w^* : 壁部集塵効率 [-]

圧力損失は水マノメータにより、サンプリング後ごとに測定した。集塵効率同様ここで得られる圧力損失は壁部での損失を含めた総括圧力損失 ΔP_T であり、同様に粒子を充填しない別の実験で求めた壁部のみの圧力損失 ΔP_w より粒子層正味の圧力損失 ΔP_b を式(3)から求めた。

$$\Delta P_b = \Delta P_T - \Delta P_w \quad \dots(3)$$

ΔP_b : 濾材部圧力損失 [Pa]
 ΔP_T : 総括圧力損失 [Pa]
 ΔP_w : 壁部圧力損失 [Pa]

また、フィルタ入口を通過するダスト量を粉塵負荷とし、式(4)から求めた。

$$m = C_{inave} \cdot u_{fin} \cdot t \quad \dots(4)$$

m : 粉塵負荷 [kg/m²]
 C_{inave} : 入口ダスト濃度の平均値 [kg/m³]
 u_{fin} : 入口ガス空塔速度 [m/s]
 t : 集塵時間 [s]

3. 集塵と粒子付着の理論

ダスト粒子は流速によって支配集塵機構が異なるが本実験条件では、以下の捕集機構が支配的である。

(1) 慣性捕集機構

慣性捕集機構は、Fig. 3 に示すように含塵ガスが実線のような軌道で流れると、比較的粗いダスト d_1 は、慣性力によって濾材粒子近傍で急激に変化する流線に速やかに対応することができず、ガス流線の軌道から外れ濾材粒子 D に衝突し付着される。一般的に濾材粒子の流れ方向への投影面積に対する、分離可能な流れに垂直方向の断面積の割合を衝突効率 η_1 とよんでいる。 η_1 はダストの密度と粒子径、ガス空塔速度が大きいほど高くなり、ガス粘性係数、濾材粒子径が小さいほど高くなる。

(2) 遮り捕集機構

遮り捕集機構とは、ダストの大きさが濾過材の大きさに比べて無限小とみなされない場合の効果で d_2 のようにダストがガス流線と同一軌跡を描いたとしても、ガス流中の中心線近くに存在するダストは有限の大きさを持つために、濾過材に接触補足される機構である。

(3) 再飛散

上に述べた捕集機構により捕集されたダスト粒子は、Van der Waals 力や静電気力、水分の表面張力などにより濾材粒子に付着しているが、これらの付着力より大きな力がダスト粒子に働いたときに、濾材粒子から離れ再びガス流に乗り飛散する。この現象を再飛散という。

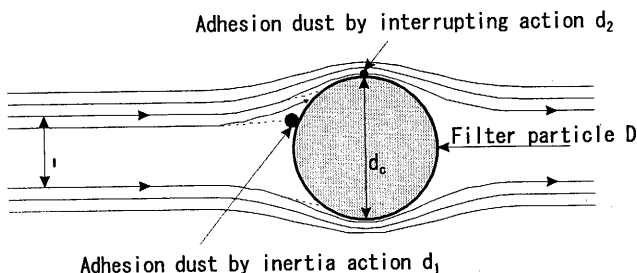


Fig. 3 The dust collection by inertia and interrupting action

4. 実験結果及び考察

粉塵負荷による濾材部集塵効率の変化を Fig. 4 に示す。そのときの濾材部圧力損失を Fig. 5 に示す。

実験初期で E_b が低いのは、フィルタ内の空間率が初期状態で大きいためダストが通過しやすいからである。その後、入口側からダストが付着していき、慣性捕集効果により E_b は増加する。さらに m が増大すると E_b は減少し、再飛散の影響が大きくなるため、変動も大きくなる。

次に Fig. 4 で単層 2mm より 3mm の方が E_b が低い値を示すのは、濾材粒子径が大きいほど幾何学上、ガスの屈曲の回数が減少するためダストの衝突回数も減少した為と考えられる。Fig. 5 の単層 2mm 及び 3mm の ΔP_b は、濾材粒子径の小さい単

層 2mm の方が高い値を示す。この理由として、濾材粒子径が小さいほど集塵効率が高いため、層内の空間率は減少し、流路断面の減少と層内部速度が増加したことを挙げることができる。これは単位体積あたりの表面積が大きく摩擦損失が増大するためである。Fig. 4 の 2層 (1:1), (2:1) は $m=3$ 付近まで、単層 2mm の E_b にほぼ等しく、その時の ΔP_b は $m=3$ 付近まで、単層 3mm にほぼ等しい値を示した。この結果より 2層で充填した場合、 $m=3$ 付近までは、低い圧力損失にも関わらず、高い集塵効率を得られることがわかった。

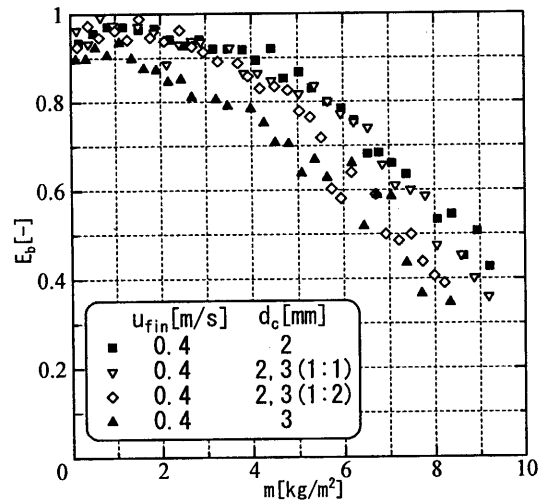


Fig. 4 Change in the dust collection efficiency with dust load

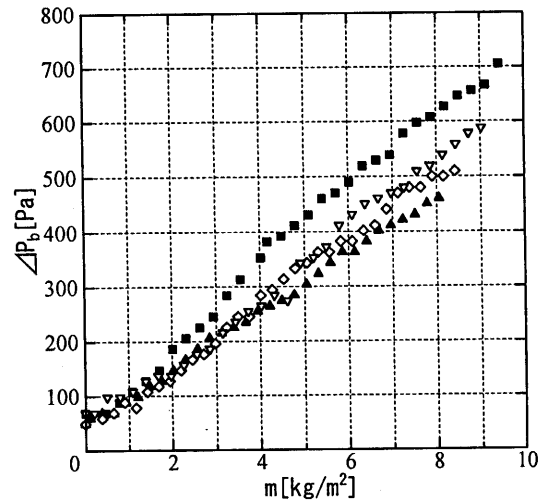


Fig. 5 Change in pressure drop with dust load

5. 結言

これらの事からフィルタ入口側ではダスト量が多いので、粒径の大きい濾材粒子を用いてダストの予備集塵を行い、出口側への負荷を小さくし、出口側では粒径の小さい濾材粒子で集塵効率を高めることができる。二層にしたことにより、役割を分担させた集塵効果が認められた。

※参考文献

1. 千葉誠一 室蘭工業大学修士学位論文
2. 南田渉 室蘭工業大学卒業論文
3. 篠原邦夫 高橋洋志 中村正秋 著 移動層工学 実際と基礎