戸布集塵における粉塵の透過特性*

Characteristic of Particle Penetration through Fabric Filter

森 康 維**
Yasushige MORI

井伊谷 鋼 一**
Koichi IINOYA

1. 緒 言

戸布集塵は戸布面上に堆積した粉体層が粉塵を捕集するため、捕集性能は非常に高い。しかし戸布交換後や、払い落とし後の集塵開始時などのように粉体層がまだ十分形成されていない場合や、目の粗い戸布を使用したり、粒径や付着力の小さい粉塵を捕集する場合に、捕集性能が極端に悪くなることがある。一般にこのような現象が現われると、粉塵の吹き抜けや吹きもれが発生したためと説明される。この粒子が戸布や粉体層を通過する機構を、Leith ら¹⁾は直通、押し出しおよび吹き抜けの3種類に分類し、集塵開始時は直通が支配的であるとしている。しかし、たとえば直通という粒子通過機構が、集塵初期の戸布面上のいずれの場所でも等しく生じているとは考えられない。すなわち、粒子の戸布通過現象は、戸布組織の場所による不均一性や粒塵の粒径分布や付着力分布などのために、時間的にも場所的にも多分に

確率的となる。

そこで本報では戸布の不均一性が粉塵粒子の戸布通過現象にどのような影響を与えているかを示すとともに、通過粒子の粒径についても検討する。なお、集塵中通過粒子個数濃度の急激な増加が観察された。本報ではこの現象を吹きもれと呼ぶことにする。

2. 実験装置および方法^{2,3)}

実験装置の概要を Fig. 1 に示す。供試粉体を小型テーブルフィーダーによって定量供給し、ミキサー型分散機を経て、イオン中和機を備えた沈降室に送る。沈降室から粉塵の一部をテスト部に吸引し、戸布で捕集する。テスト部の戸布面積は約 32 cm² で、戸布面はほぼ鉛直である。戸布で捕集されずに通過した粉塵の一部は、等速サンプリングされ、粒径別個数濃度計（前方光散乱型、Bausch & Lomb 社製）に送られる。残りは後段の高性能ガラス繊維戸紙で捕集され、その捕集量から積

Fig.1 実験装置図

昭和56年 8 月 28 日 受付

*粉体工学会第17回夏期シンポジウム、函南

**京都大学工学部化学工学教室 〒606 京都市左京区吉田本町

TEL 075-751-2111(内)5576

Fig.2 供試粉塵の粒径分布

Table 1 Characteristics of tetron felt fabrics tested

	B9300S	B9500S	B9640SF
Weight [g/m ²]	300	520	640
Thickness [mm]	1.0	1.8	2.0
Apparent Density [g/cm ³]	0.30	0.29	0.32
Void [%]	0.78	0.79	0.77
Air Permeability [cm/s]	34	23	15

Fig.3 出口側 1 μ m 以上の粒子個数濃度と粉塵負荷の関係

算通過率が求まる。ガス流量は PI 調節計で自動制御し、一定に保つ。

汚布組織の場所の不均一性の影響を検討するため、小口径のプローブ（直径約 8 または 9 mm）を用いて、汚布面から約 5 cm 下流の点で供試汚布の中央付近を通過した粒子をサンプリングする。入口平均濃度は集塵期間中一定として汚布およびガラス繊維汚紙で捕集された粉塵量より求める、なお炭酸カルシウム粉塵を用いた実験では部分分離効率の検討をする。本報では粉塵の入口個数濃度は非常に高く、粒径別個数濃度計で測定することが困難である（個数濃度 1×10^5 個/l 以上は測定不能）。そこで供給粉塵の重量基準粒径分布が対数正規分布で近似できることから、個数濃度を計算で求める。

3. 供試粉塵および供試汚布

実験には軽質炭酸カルシウムとフライアッシュ（JIS 5 種）を使用し、その粒径分布をテスト部入口でカスケード・インパクターを用いて測定した。その結果を Fig. 2 に示す。

Fig.4 種々の粒径範囲における出口側粒子個数濃度（炭酸カルシウム）

供試戸布としては、目付の異なるテترونフェルト戸布を用いた。これら3種類の戸布表面は、払い落としが容易な様に毛焼加工が施されている。Table 1 に供試戸布の特性を示す。

4. 実験結果および考察

4.1 軽質炭酸カルシウム粉塵の場合²⁾

Fig. 3 に通過粒子の個数濃度変化の一例を示す。粉塵負荷が増し、粉体層が形成されると、通過粒子個数は急速に減少する。しかし入口粉塵濃度等をほぼ等しくした実験でも、この図のように個数濃度曲線は再現性に乏しい。これは粒子の通過状態が戸布の局所的な組織構造の違いによって異なるためと考えられる。

通過粒子の篩上個数濃度を Fig. 4 に示す。図中の $>1\mu\text{m}$ などは、空気 1 l 中に存在する直径 $1\mu\text{m}$ 以上の粒子の総個数を示す。いずれの粒子径範囲に対しても集塵開始後急速に通過粒子個数は減少し、粒子径の大きい粒子程低粉塵負荷で減少する。再び通過粒子濃度が増加する現象すなわち吹きもれが観察される粒子径は、実験に

Fig. 5 種々の粉塵負荷における出口側粒子個数濃度と粒子径との関係

Fig. 6 瞬間通過率と粉塵負荷の関係

用いた B 9300 S, B 9500 S, B 9640 SF 戸布では目付の小さい順に 5, 3, $2\mu\text{m}$ 以下である。また吹きもれの発生していない粒子径範囲では、個数濃度の変化には戸布の影響があまり見られない。

通過粒子の粒子径と個数濃度との関係を Fig. 5 に示す。この図は集塵初期の通過粉塵の篩下積算粒径分布の変化を示しているとも言える。戸布上に粉塵が堆積するにつれ、大きい粒子径の個数濃度が急速に減少し、粉塵層での捕集に分級作用がみられる。

個数基準の瞬間通過率と粉塵負荷との関係を Fig. 6 に示す。ここでは瞬間通過率は、個数濃度計の 1 回の測定時間(本実験では約 30 秒)の出口平均濃度を入口平均濃度で除した値である。いずれの粒子径でもわずかな粉塵負荷で瞬間通過率は急速に小さくなり、しかもその傾きは粒径にほとんど依存しない。このことは、粉塵負荷の増加による集塵率への影響は粒子径によらないことを示している。また吹きもれ後の瞬間通過率の減少割合が、低粉塵負荷時のそれと一致している。これは吹きもれの再閉塞機構と考えられる上で興味深い。

Fig. 7 種々の粒径範囲における出口側粒子個数濃度 (フライ・アッシュ)

Fig. 8 種々の関係湿度下の出口側粒子個数濃度 (炭酸カルシウム)

4.2 フライアッシュ粉塵の場合

篩上通過粒子個数濃度と粉塵負荷の関係を Fig. 7 に示す。どの粒径範囲も、炭酸カルシウムの場合よりも多く通過し、粉塵負荷が増加しても通過粒子個数は急に減少しない。大粒子径の個数濃度の減少は炭酸カルシウムの場合程大きくない。また吹きもれの現象が観察される粒子径範囲は炭酸カルシウムの場合と一致している。このことから粒子径が吹きもれ現象にかなり強い影響を与えていると考えられる。

4.3 関係湿度の影響³⁾

空気の関係湿度の透過特性に及ぼす影響を検討する。炭酸カルシウム粉塵の場合を Fig. 8 に示す。分散機で発生した粉塵を沈降箱を通すことで、湿度によらずほぼ同一の粒径分布を持つ粉塵を得、これを使用した。3種類の関係湿度いずれの場合も、粉塵負荷 40~50 g/m² に達するまで、1 μm 以上の粒子は数多く通過している。関係湿度 87% の場合の出口粉塵濃度が最も高いが、テスト部後方に設置したガラス繊維濾紙上に捕集された粉塵量から計算された集塵率に関係湿度の影響がほとんどみられなかったことから、図中の出口濃度の差の大半の原因は、濾布の局所的な構造の差と考えられる。なお粒子の吹きもれがあまり観察されていないのは、濾過速度が 2.7 m/min といくぶん低いと推定される。

フライアッシュ粉塵を使用した場合の関係湿度の影響を Fig. 9 に示す。粉塵負荷が 60 g/m² 程度に達するまでは、いずれの湿度でも通過粒子個数は多い。その後、個数濃度は徐々に減少する。関係湿度の影響は余り明確

Fig. 9 種々の関係湿度下の出口側粒子個数濃度 (フライ・アッシュ)

でなく、粒子がほとんど通過しなくなる時の粉塵負荷も、湿度による差はほとんどない。また通過個数濃度が十分低くなるには、炭酸カルシウム粉塵と比較して4～5倍の粉塵負荷の必要なことがわかる。これはフライアッシュが球形に近く、炭酸カルシウムほど付着力がなく、再飛散が生じやすいためと推定される。

5. 結 論

炭酸カルシウムおよびフライアッシュ粉塵をフェルト戸布で集塵し、主に粒子径別の吹きもれについて検討したところ、次のような結論が得られた。

- 1) 吹きもれは径の小さい粒子に発生し、フェルト戸布の目付が小さい程、大きい粒子径まで観察された。またこの現象は戸布組織構造の不均一性によって現われると考えられる。
- 2) 戸布集塵における粉塵層の粒子捕集には、分級作用が存在する。
- 3) 瞬間通過率は粉塵負荷に対して指数関数的に減少し、その勾配は戸布の種類によるが、粒子径によらない。
- 4) 数ミクロン以上の粒子の透過特性に対する空気湿度の影響は余りみられない。

引 用 文 献

- 1) Leith, D. and M. W. First: *J. Air Poll. Control Assoc.*, 27, [8], 754 (1977)
- 2) 森康維, 久堀保, 石塚昌義, 牧野和孝, 井伊谷鋼一: 化学工学論文集, 5, [5], 506 (1979)
- 3) 井伊谷 鋼一, 森 康維, 気谷 康夫: 粉体工学会誌, 18, [11], 803 (1981)

Authors' Abstract

Characteristic of Particle Penetration Through A Fabric Filter

by

Yasushige MORI and Koichi IINOYA

A fabric filter is a high efficiency dust collector. However, large penetration is observed during the use of a virgin fabric and at the beginning of the filtration cycle after the cleaning operation.

In this paper, the characteristics of penetration of felt fabrics, i.e. changes in diameter and concentration of dust penetrating the fabric, are discussed based on the data obtained using the isokinetic sampling technique with a small probe and a particle counter with light scattering. The following conclusions are obtained:

- 1) Penetrations become larger as dust particle size and the weight of felt fabrics decrease.
- 2) Instantaneous penetrations for various particle sizes decrease almost exponentially with dust load. The decrease rates depend not on particle diameter, but on the kind of fabrics.
- 3) Air humidity does not have much effect on particle penetration.

List of Figures & table

- Fig. 1** Schematic of experimental apparatus
- Fig. 2** Cumulative particle size distributions of test dusts
- Fig. 3** Relationship between number concentrations of outlet particles greater than 1 μm and dust load
- Fig. 4** Outlet number concentrations for various particle size ranges (Calcium carbonate dust)
- Fig. 5** Relationship between outlet number concentrations and particle size at various dust

- load on a felt fabric
- Fig. 6** Relationship between instantaneous particle penetrations and dust load
- Fig. 7** Outlet number concentrations for various particle size ranges (Fly ash dust)
- Fig. 8** Outlet number concentrations at various relative humidities (Calcium carbonate dust)
- Fig. 9** Outlet number concentrations at various relative humidities (Fly ash dust)
- Table 1** Characteristics of tetron felt fabrics tested