粒子移動層の高速集塵性能

廣 田 満 昭^{*1}, 北 井 亮 次^{*2},
田 尻 浩 範^{*3}, 大 島 敏 男^{*1}

The Collection Performances of High Gas Velocity Filtration for a Moving Granular Bed

by

Mitsuaki HIROTA,^{†1} Ryohji KITAI,^{†2}
Hironori TAJIRI^{†3} and Toshio OSHIMA^{†1}

Experiments on high flow velocity filtration were carried out by a granular moving bed filter for the separation of particulates from a dusty gas. The gas was flowed countercurrently to the gravel stream with the intention of increasing the gas flow velocity in the operation. The effects of the flowability of dust and the flow velocity of the gas on the collection performances were examined. When the dust load on the gravel is low, the collection efficiency is little effected by the flowability of dust because the dominant capture mechanism is inertial deposition. However, the distribution of the dust load captured on the gravel is considerably effected by the flowability of dust.

Key Words : Dust Collection, Moving Bed, Dust Flowability

1. 緒 言

高温廃ガス中の粉塵を除去するため、汙材として熱的・化学的に安定な粒子を用いた移動層集塵が試みられている^{1,2)}。移動層集塵では、汙材粒子径が小さくなるにつれて捕集効率は高くなる。粉塵を捕集した汙材粒子は粉塵と分離して繰り返し使用されるが、汙材

粒子が小さいと捕集粉塵と粒子を完全に分離することは困難である。そのため、粉塵が付着した汙材粒子で集塵を行うことになり、汙材粒子からの粉塵の再飛散が起こることが考えられる。また、汙材粒子同士の摩擦による破碎によって生じる微粉の飛散も生じる可能性は大きい。これら粉塵の再飛散による捕集効率の低下を抑制し、バグフィルターのよう信頼性の高い集塵操作を行うためには、移動層集塵では特別の工夫が必要になってくる。その一つの方法として、移動層とフィルター(耐熱性セラミックフィルター)を組み合わせたハイブリッド型の集塵装置が考えられている。ハイブリッド型集塵装置では装置全体が大きくなるため、特に移動層集塵装置を小型化し、熱損失の減少、設備費の軽減などを計り、その経済性を高める必要がある。そのためには移動層集塵装置での汙過速度を大きくすることが不可欠である。しかしながら、これまでに用いられてきた移動層集塵装置は設置面積を小さくするため、粒子とガスの流れが直交する形式のものが多く、この形式ではガス流速が増し、圧損が高くなると汙材

平成元年1月23日受付

化学工学協会第20回秋季大会(1987年10月、姫路)にて発表

*1 姫路工業大学産業機械工学教室

(〒671-22 姫路市書写 2167)

TEL 0792-66-1661 内線 249

*2 積水化学工業(株)(〒351 朝霞市根岸台 3-15-1)

TEL 0484-63-5122

*3 川崎重工業(株)(〒650-91 神戸市中央区東川崎町 3-1-1)

TEL 078-671-5001

†1 Dept. of Chem. Eng., Himeji Inst. of Technol.,
2167 Shosha, Himeji 671-22

†2 Sekisui Chem. Co., LTD., 3-15-1 Negishidai
Asaka, Saitama 351

†3 Kawasaki Heavy Ind., LTD., 3-1-1 Higashikawasaki,
Chuo-ku, Kobe 650-91

粒子の流れが不安定になり、場合によっては停止する³⁾こともある。そのため、これまでの移動層集塵に関する研究は、 H 過速度の低い場合についてのものが多く、 H 過速度が高い場合の研究は十分とはいえない。

そこで、ここでは前置集塵機としての移動層による高速集塵装置を製作し、その集塵性能および性能におよぼす粉塵物性の影響について検討を行なった。

2. 装置および方法

Fig. 1 は移動層集塵装置の集塵部の詳細を示したものである。本装置では H 過速度を大きくするため、粒子とガスの流れは向流になっている。ガスは充填層の全外周から内側に流入するので、 H 材粒子により捕集された粉塵量(粉塵負荷)が大きくなるか、 H 過速度が大きいために充填層の圧力損失が大きくなっても H 材粒子と充填層壁面との摩擦力は小さいため、粒子の安定な流れが確保される。また、気流は粒子層の自然堆積面から流出するようになっている。 H 材粒子はピストンを用いて $2 \sim 20 \text{ mm/min}$ で降下速度を変えることができる。 H 材粒子として、粉塵捕集後の H 材と粉塵の分離の容易さを考慮し、ふるいで $1680 \sim 2000 \mu\text{m}$ に整粒したアルミナ粒子を用いた。また、集塵性能におよぼす粉塵の流動性の影響を検討するため、試料粉塵として流動性の異なるシリカ(密度: $2.64 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)とフライアッシュ(密度: $2.51 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)を用いた。各々の粉塵の粒径分布を **Fig. 2** に示した。剪断試験か

Fig. 1 Details of test section

Fig. 2 Dust size distribution

ら求めたこれらの粉塵の流動性指数 $FI^{4)}$ はシリカ (0.119 m) よりフライアッシュ (0.077 m) の方が小さく、流動性が高い。

3. 実験結果および考察

Fig. 3 は H 材粒子層に清浄空気を流したときの層の圧力損失と H 過速度の関係を示したものである。粒子を集塵部に静かに充填した直後、および充填粒子層を一定速度で降下させた場合の、いずれにおいても圧力損失と流速の間には両対数紙上で直線関係が得られた。しかし、粒子層が静止している場合に比べて、降下している場合の方が粒子層の圧力損失は小さくなっている。これは、移動層では粒子の自重の一部が粒子と壁面の間に生じる摩擦力によって支えられ、層の空間率が大きくなることが主な原因と考えられる。壁面摩擦力の影響以外に粒子の降下速度や気流の H 過速度も層の空間率に影響をおよぼすことが考えられるが、本実験範囲ではそれらの影響はほとんど認められなかった。なお、移動層の空間率は層内粒子の質量を実測し、層

Fig. 3 Pressure drop of granular bed

Fig. 4 Effects of moving rate of granular bed on collection efficiency and pressure drop

体積とから求めた。

Fig. 4 は積算捕集効率および圧力損失におよぼす汙材粒子の移動速度の影響を示したものである。実験範囲内では、捕集効率におよぼす汙材粒子の移動速度の影響はほとんど認められなかった。しかし、圧力損失は粒子層の移動速度 $v=0$ m/s (固定層) の場合が最も高く、 v が大きいほど低くなっている。これは、 v が大きくなるにつれてガス入口付近でのケーキ層が形成され難くなり、慣性捕集が支配的になるので、粉塵が層の内部で捕集されるためと考えられる。

Fig. 5 は捕集効率におよぼす汙過速度 u (移動層の横断面基準の空筒速度) の影響を示したものである。 u が 0.5 と 1.5 m/s の場合では粉塵の捕集機構が異なることが予想されるが、本実験範囲では捕集効率におよぼす u の影響はほとんど認められなかった。粉塵負荷 m が小さいときは $u=0.5$ m/s での捕集効率がわずかに低くなっているが、 m が大きいときは u によらずほぼ等しい捕集効率を得られた。

Fig. 6 は部分捕集効率 (部分捕集効率は前報⁶⁾ と同じ方法で求めた) におよぼす汙過速度 u の影響を示したものである。 $u=0.5$ m/s と低い場合、粉塵負荷 m が小さいときより m が大きいときの方が粒径にかかわ

Fig. 5 Effect of gas velocity on collection efficiency

らず捕集効率は高くなっている。しかし、 u が高い場合は m の影響は小さく、ほぼ等しい捕集効率を得られた。これは、上述のように、 $u=0.5$ m/s の場合と $u=1.0$ および 1.5 m/s の場合では粉塵の捕集機構が異なっているためと思われる。すなわち、0.5 m/s の場合には部分的ではあるが汙材粒子層内にケーキ層が形成されるが、1.0 と 1.5 m/s ではケーキ層はほとんど形成されず、慣性集塵が支配的であると考えられる。この点を詳しく検討するため、汙材粒子によって捕集された粉塵の層内分布を測定してみた。

Fig. 7 は汙材粒子層内の粉塵の分布状態 (Fig. 1 において、粒子層内の半径方向には粉塵は様に捕集されていると仮定し、層厚さ 25 mm 毎の捕集粉塵量を実測し、高さ方向の分布を求めた) におよぼす汙過速度 u の影響を示したものである。 $u=0.5$ m/s ではガス入口の後部で粉塵量が非常に多い部分があり、これ以降での粉塵量が極端に少なくなっている。これより、この粉塵が著しく多い部分では部分的ではあるがケーキ層が形成されていると考えられる。しかし、 u

Fig. 6 Effect of gas velocity on partial collection efficiency

Fig. 7 Distribution of dust remained in granular bed

= 1.0 および 1.5 m/s の場合は $u = 0.5$ m/s の場合のように粉塵が一部分に集中している傾向は認められず、粒子層の奥深くまで粉塵が進入している。これは、 $u = 1.0$ および 1.5 m/s の場合は気流速度が大きいため、慣性による捕集機構が主であることと、粉塵の付着力より気流の剪断力の方が大きいので再飛散が起こるためであろう。

Fig. 8 は集塵性能におよぼす粉塵の流動性の影響を示したものである。図からも明らかなように、捕集効率および圧力損失のいずれにおいても粉塵の流動性の影響は認められなかった。しかし、前報^{6,7)}で示したように、粉塵の流動性が異なれば層内での粉塵捕集状況も異なってくることが予想される。そこで、フライアッシュについても、**Fig. 7** と同様に、層内の粉塵の分布状態を調べてみた。

Fig. 9 は $u = 0.5$ m/s における粒子層内の粉塵の分布状態におよぼす粉塵負荷 m の影響を示したものである。流速が遅いと捕集粉塵の層内分布におよぼす m の影響はほとんど認められず、いずれもシリカの場合と

Fig. 8 Effect of dust flowability on collection efficiency and pressure drop

Fig. 9 Effect of dust load on distribution of dust remaind in granular bed ($u = 0.5$ m/s)

Fig. 10 Effect of dust load on distribution of dust remaind in granular bed ($u = 1.2$ m/s)

同様に、ガス入り口後部に粉塵が集中しており、この付近で部分的ではあるがケーキ層が形成されていると考えられる。

Fig. 10 は $u = 1.2$ m/s における粒子層内の粉塵の分布状態におよぼす粉塵負荷 m の影響を示したものである。 m が小さい場合、ガス入り口後部に粉塵が僅かに多い部分が見られるが、これ以降の部分にも多くの粉塵が進入しておりケーキ層はほとんど形成されていないと考えられる。また、 m が大きくなると粉塵が層内深くにまで進入するようになり、 $m = 36$ kg/m³ では分布がほぼ一様と考えられる部分が層内の大部分を占めており、**Fig. 7** のシリカとは異なった傾向を示している。これは、 $u = 1.2$ m/s では粉塵は慣性捕集が主であるから粒子によって捕集された粉塵の大半は粒子上に堆積し、粒子間では気流の剪断力によって粉塵は再飛散し、ほとんど捕集されない。粒子上に堆積できる粉塵量には限界があるから m が小さいときは入り口近くの粒子層で捕集されるが、 m が大きくなると入り口近くの粒子上だけでは捕集しきれず、層内部にまで進入するようになるためと考えられ、場合によっては吹抜けによる捕集効率の低下が起こる。粒子上に堆積できる粉塵量は粉塵の流動性の影響を受け、流動性の高い粉塵ほど堆積量は少なくなるはずである。そのため、 m が大きくなると、シリカよりも流動性の高いフライアッシュの方が粒子層内部に進入し易くなる。いかえると、流動性の高い粉塵を捕集する場合は流動性の低い粉塵よりも粉塵負荷を小さくしなければ高い捕集効率を得ることができない。本実験では粒子層が厚く、 m が小さいため、集塵性能におよぼす粉塵の流

動性の影響は認められなかったが、 m がさらに大きくなるとこの影響を受けることが予想される。

4. 結 言

高温排ガス用集塵機の前置集塵装置を目的とした移動層集塵装置を製作し、高速集塵試験を行い、次のような結論を得た。

- 1) ガスと汙材粒子の流れが直交する形式の装置では不可能とされていた高汙過速度領域でも、本装置では安定した集塵操作が可能である。
- 2) 移動層による高速集塵では捕集効率および圧損

は粉塵負荷の影響を固定層の場合ほど強くは受けず、粉塵負荷が高くなっても圧損の上昇は僅かである。

- 3) 高速集塵では慣性捕集が主であるため粒子上に堆積できる粉塵量に限界があるので、粉塵負荷が大きくなると粉塵は粒子層内深くまで進入し、場合によっては吹抜けによる捕集効率の低下が起こる。特に、流動性の高い粉塵を捕集する場合、流動性の低い粉塵よりも粉塵負荷を小さくする必要がある。

Nomenclature

D_p : dust size	[μm]	m : dust load remained in granular bed	[kg/m^3]
E : collection efficiency	[$\%$]	u : superficial gas velocity	[m/s]
E_p : partial collection efficiency	[$\%$]	ΔP : pressure drop of a collected dust layer	[kPa]
F : frequency	[$\%$ /25mm]	ΔP_o : pressure drop of a clean filter	[kPa]
FI : flow index	[m]	v : moving rate of granular bed	[m/s]
H : distance from gas inlet	[mm]		

References

- 1) Tardos, G.I., N. Abuaf and C. Gutfinger : *APCA Journal*, **28**, 354 (1978)
- 2) Coury, J. R., K. V. Thambimuthu and R. Clift : *Powder Technol.*, **50**, 253 (1987)
- 3) Mizukami, W., M. Wakabayashi and H. Murata : *J. Soc. Powder Technol., Japan*, **22**, 753 (1985)
- 4) Hirota, M., T. Kobayashi and T. Oshima : *J. Soc. Powder Technol., Japan*, **22**, 271 (1985)
- 5) Hirota, M., S. Kusaka and T. Oshima : *J. Soc. Powder Technol., Japan*, **25**, 667 (1988)
- 6) Hirota, M., A. Fudoh, Y. Mizuno and T. Oshima : *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **11**, 7 (1985)
- 7) Hirota, M., Y. Shimizu and T. Oshima : *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **13**, 113 (1987)