排出管付きホッパーからの粉粒体排出量に対する 空気吹き込みの影響[†]

竹下 武成・渡辺 始

静岡大学工学部 化学工学科^{††}

山崎 量平・神保 元二

名古屋大学工学部 化学工学科^{†††}

容器から粉粒体を排出させるとき、多くの場合排出管を用いる。また循環型流動層ではスタンドパイプ等を用い、エアレートと重力により粒子を循環させる。しかし、これらの流動機構および操作条件に対する十分な理論的説明は行われていないし、また実験的な検討も多くはなされていない^{1,2,5)}。先にスタンドパイプにおけるオリフィス（バルブに相当する）の上部からエアレートした場合の粒子流量増加に対する実験的な解析を報告したが⁴⁾、本報告ではバルブの代わりに排出管へ空気を吹き込むことによる粒子の流量コントロールの可能性を調べることを主な目的としている。

そこで本研究では、排出管付きホッパーからの粉粒体排出に際し、排出管側面から空気を送入し、空気吹き込み量、空気吹き込み位置及びホッパー形状の変化が、粉粒体排出量におよぼす影響について実験的研究を行い、空気吹き込みによる粒子排出量の制御の可能性について検討し、二、三の知見を得たので報告する。

実験装置および方法

実験装置の概略をFig. 1に示す。実験方法は次の通りである。サブホッパーに試料（ガラスビーズ： $d_p=168\ \mu\text{m}$ ）を充填する。サブホッパーの排出口を開け、メインホッパー（以下単にホッパーと言う、高さ：250 mm、出口径 D_h ：10 mm、角度：Table 1参照）とスタンドパイプ（黄銅管：内径 $D=10\text{ mm}$ ）を通して粒子を排出させる。所定量の空気をホッパー出口から L_a の吹き込み口から送入し、圧力測定用の水柱マンオメーターの指示値が一定になったことを確認した後に測定を開始し、排出管内空気圧を測定するとともにスタンドパイプ排出口より排出される粒子を一定時間捕集し、粒子流量を求める。

なお、Table 1に実験条件を示す。

実験結果および考察

Fig. 2に空気を吹き込まない場合の粒子流量 W とホッパー角 θ の関係を示した。点線は排出管を付けない場合でRoseらの式²⁾によって計算した値である。管を付けると粒子流量は増加する。これは管内の粒子が空気を引っ張り、サクシオン効果を起こし、粒子流量が制御されるホッパー出口付近で、Fig. 3にみられるような負圧の空気圧 (ΔP) の分布となり、空気の圧勾配が粒子を引っ張る方向に生じるためと思われる。なお、Fig. 3のホッパー内の圧力はホッパー内の中心に細管（内径1 mm）を挿入して測定した。

Fig. 4はホッパー半頂角 $\theta=15^\circ$ の場合における粒子流量 W と吹き込み空気量 Q の関係を示したものである。空気を吹き込むと粒子流量は減少し、ある吹き込み量以上では、ほとんど粒子は出なくなるが、流れたり、流れなかったりする流動状態となる。これは他の実験条件でも同様な結果が得られている。

Fig. 5はFig. 4に対応する空気圧分布を示したもので、粒子流量が減少し間欠流になるまで管内の空気圧は負圧を示すことから、この範囲内では吹き込んだ空気は排出管下方にほとんど流れるものと思われる。従ってサクシオン作用によってホッパー上部から吸い込まれる空気を吹き込み空気で充当するため、ホッパー出口における空気の押し出す力が弱くなり、粒子流量は減少するものと思われる。またFig. 5の排出管の $L=0\text{ cm}$ に近いところ、いわゆるホッパー出口に近い所の空気圧変化を吹き込み空気量に対してみると、吹き込み口の位置が $L_a=2\text{ cm}$ のものにおいて負圧が最も大きく正圧の方向へ変化している。この結果から、ホッパー出口に近い吹き込み口が制御に最も効果のあることがわかる。

以上の実験事実から、吹き込み空気量 $Q=2\times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$ までの測定値を使って定量的に表すために、実験式を求めると次のようになる。

$$W_0 = W_{0(\theta=\pi/2)} (2\theta/\pi)^{-0.18} \quad (1)$$

[†] 1987年7月31日受理；化学工学協会群馬大会（水上，1986月7月）にて発表。

^{††} 〒432 浜松市城北3-5-1

^{†††} 〒464 名古屋市千種区不老町

Fig. 1 Experimental apparatus

Fig. 2 θ vs. W

Table 1 Experimental conditions

Half angle of hopper	θ [deg]	15, 30, 45, 90
Length of standpipe	L [cm]	200
Position of aeration	L_a [cm]	2, 55, 195
Flow rate of aeration	Q [m ³ /s]	$0 \sim 7 \times 10^{-4}$

Fig. 3 Air pressure distribution (bin $\theta=90^\circ$)

Fig. 4 Effect of aeration on flow rate of granular materials

Fig. 5 Air pressure distribution in the standpipe ($\theta=15^\circ$)

$W/W_0 = 1.0 - 8.0 \times 10^{-3} (1 - L_a/L) (Q/Q_{mf})$ (2)

ここで、 Q_{mf} は流動化開始速度に管断面積をかけたものであり、 $W_0(\theta=\pi/2)$ に関する値は前に提出した式³⁾を用いて計算することができる。この実験式は、Fig. 6 に示すように $\pm 30\%$ の誤差で相関される。また Eq. (2) において本実験とはほぼ同じ粒子を用いたとすれば、 L_a/L および Q/Q_{mf} は実際のプロセスでは、それぞれ $0.1 \sim 0.5$ および $0 \sim 100$ と考えられるので、 W/W_0 は $1.0 \sim 0.3$ の範囲で制御が可能になると指摘できる。

[謝辞] この研究を行うにあたり、学部生の新美正君 (現在：三菱樹脂 k.k.)、清水正紀君 (現在：新東工業 k.k.) にご協力を頂いた。ここに感謝の意を表します。

Fig. 6 $(W/W_0)_{cal.}$ vs. $(W/W_0)_{obs.}$

Nomenclature

D	= pipe diameter	[mm]
D_h	= exit diameter of hopper	[mm]
L	= pipe length	[cm]
L_a	= length from outlet of hopper to aerator	[cm]
ΔP	= pressure difference on the basis of atmospheric pressure	[Pa]
Q	= flow rate of aeration	[m³/s]
$Q_{mf} = u_{mf} \pi D^2 / 4$		[m³/s]
u_{mf}	= minimum fluidization velocity	[m/s]
W	= flow rate of granular materials with aeration	[kg/s]
W_0	= flow rate of granular materials without aeration	[kg/s]
θ	= half angle of hopper	[deg]

Literature cited

- 1) McDougall, I.R. and A.C. Evans: *Trans. Inst. Chem. Eng.*, **44**, 15 (1966)
- 2) Rose, H.F. and T. Tanaka: *The Engineer (London)*, 208 (Oct 23) (1959)
- 3) Takeshita, T., T. Kano, H. Watanabe, S. Ida, and Y. Hasegawa: *J. Soc. Powder Technol., Japan*, **13**, 13 (1976)
- 4) Takeshita, T., M. Harada, H. Yoshimi, R. Yamazaki and G. Jimbo: *Kagaku Kogaku Ronbunshu*, **14**, 304, (1988)
- 5) Yuasa, Y. and H. Kuno: *Powder Technol.*, **6**, 97 (1972)

Effect of Aeration on Flow Rate of Granular Materials from a Hopper with a Standpipe

Takenari Takeshita and Hajime Watanabe

Dept. of Chem. Eng., Shizuoka Univ., Hamamatsu 432

Ryohei Yamazaki and Genji Jimbo

Dept. of Chem. Eng., Nagoya Univ., Nagoya 464

Key Words: Granular Materials, Hopper, Standpipe, Aeration, Air Pressure.

The discharge rate of granular materials from a hopper equipped with a vertical outlet pipe at the bottom was found to be more than that from an ordinary hopper. The measurement of air pressure distribution across the hopper outlet showed that this is due to a pressure gradient developed in the air that promotes the discharge of granular materials.

Moreover, it was experimentally clarified that the flow rate of granular materials can be more efficiently controlled by introducing air flow into the attached vertical pipe. The best position for blowing in the air was experimentally found to be close to the pipe inlet. A correlation between discharge rate of granular materials and aeration flow rate is presented.

紫外線照射を伴うオゾンによる水中のポリ（オキシエチレン）の分解速度[†]

諸岡成治・草壁克己・池水喜義*・加藤康夫**

九州大学工学部 応用化学科††

オゾン・紫外線照射併用による水処理はオゾン単独では分解しにくい有害物質を分解することができるために、水の高度処理技術として有効である^{3,8,9)}。最近では、トリハロメタン前駆物質の除去法としても注目されている^{1,10)}。また、プロセスの高効率化を目的として、紫外線照射下の水中および気相におけるオゾンの自己分解について研究がなされている^{5,6)}。

主波長 253.7nm の紫外線によりオゾンが光分解すると励起酸素原子(O(¹D))が発生し、これが水中あるいは水

蒸気を含む気相で水分子と反応してヒドロキシラジカルを生成する。

ヒドロキシラジカルは強力な酸化剤で、水中に溶存する有機物と反応してこれを分解する^{2,11)}。有機低分子化合物やトリハロメタン前駆物質をオゾン・紫外線処理する場合には、複雑な中間生成物が発生するので、オゾン濃度や紫外線放射照度の影響はTOCやTHMFP等により評価することが多い。一方、反応物、中間生成物が同じ構造となる水溶性高分子の分解では、重合度の変化速度を直接評価できる^{4,7)}。

本研究では、紫外線照射下におけるポリ（オキシエチ

† 1987年9月30日受理

†† 〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1

* 東和大学工学部 工業化学科

** 熊本工業大学工学部 工業化学科