粉粒供給器の特性について*

● 桑 井 源 禎**

§ 1 ま え が き

化学工業操作において、現に粉粒を取扱う機会尠くなく、また今後益々多くなるものと察せられる。これに関連して、管中の気流に粉粒を供給する必要がある。例えば、粉粒の風送、流動粉碎、流動触媒、或は研究室における各種分離級の実験等においてある。この気流中への粉粒の供給という、一見簡単な操作にも、実際の或は、実験室的に、色々の問題が含まれている。取扱う粉が細かく、気流が陽圧の場合には特にそうである。筆者は最近迄に、3種の粉粒供給器、即ち回轉子型 (Fig. 1)、横型インゼクタ式 (Fig. 5) 及び竪型インゼクタ式 (Fig. 7) を試作し、実験に供して来た。各型式はそれぞれ利点と欠点とを有するが、第3の竪型即ち竪型インゼクタ式は、前二者に比し、優秀な結果を示している。三者について、実験室における経験的な知見及び若干の特性を總括して、ここに報告することにする。

§ 2 粉粒供給器の諸問題

個々の供給器について述べる前に、工業的及び実験室的供給器について、問題となるべき点を考えて見よう。

(1) 供給が円滑なこと。

円滑にかつ定常的に、粉粒を気流中に供給し得ることである。この要求は、粉が細くなる程難しくなる。吸湿性となり、粉の流動性を減じ、遂にはホッパーを閉塞するに至る。例えば、粉炭では、50 mesh より粗ならば、殆んど大気の湿度の影響を受けないが、100 mesh より細くなると、湿度に敏感となる。従つて、微粉の供給器では、この閉塞性が重大な問題となる。

(2) 供給特性

即ち供給率 (供給速度) 或は粉粒と気体との混合比を一定値に保ち得ること。これは用途によつて要求が異なり、例えば、定量風送においては、一定なる供給率が、微粉炭燃焼等に於ては、一定なる混合化が要求され、実験室においては、或範囲内で、一方或は双方を、簡単に希望値に定め得ることが望ましい。

* 昭和24年4月12日受理

** 東京大学第二工学部 助教授

*** 昭和23年4月24日、化学機械協会学術研究発表会にて講演。

**** 円錐形ホッパーからの粉粒の流出実験 (未発表) による。

(3) 構造

簡単な構造が望ましいのはもちろんであり、特に工場装置としては、なるべく運動部分のない方が良い。

(4) 粉の飛散しないこと。

一般に、粉粒供給器としては、上述の諸条件が要求される。試作供給器についても、これらの観点から批判を加えてみよう。

§ 3 回轉子型供給器 (Rotor-type Feeder)

流動粉碎の実験に際して、碎料の粉炭 (10~50 mesh) を空気流中に、連続的に供給するために、Fig. 1 の如き

Fig. 1

供給器を用いた。ホッパー内の粉炭は、重力によつて回轉子に達し、回轉子の溝に入つたものが、半回轉すれば下方の空気に落下する。この原理の供給器は従来も実用されている。

本器によれば、上記粒度の粉炭の供給は、充分円滑に行い得るが、極微粉 (200 mesh 以下) はホッパー底部に閉塞を起し易い。閉塞の原因は、回轉子ではなく、ホッパーにあり、底角を小さくすることによつて、或程度の緩和はできるが、そのみによつて、吸湿性の極微粉を円滑にホッパーから流出せしめることは難しい。従つて、本器にて処理し得るのは、流動性の粉粒に限られて

いる。本器の供給特性は、供給率一定である。回轉子の回轉

Fig. 2

速度 n [r.p.m.] を一定にすれば、空気流量如何にかかわらず、粉粒の供給率 F [g/s] を一定に保つことができ、また n を変化させることによつて、 F を加減することができる。ただ回転速度と回転子の溝数による程度の差こそあれ、粉粒の供給は本質的に脈動性である。回転子の溝数（本器では 6）が一定なる場合、供給率 F は回転数 n に比例すると予想されるが、実験値を図示すると、Fig. 2 の F - n 曲線で示される。2つの F - n 曲線の内、実線及び破線はそれぞれ 10~20, 30~50 mesh の粉炭に関するものである。これらの曲線を見ると、或回転速度（これを限界回転速度 n_c と呼ぶことにする）迄は、 F は n に比例するが、それ以上になると、 F の増加は n のそれに伴わず、或回転速度 n_m に於て、 F は最大となり、以後 F は却つて減少する。この実験では、 $n_c \approx 150$, $n_m \approx 250$ [r. p. m.] である。この原因は、回転子の溝がホッパー底部に開孔する間に、充分粉粒が充填され得ぬためと考えられる。従つて、 n_m 以上の回転速度を与えることは無意味であり、また本器の特性たる、 F と n の比例性を保つためには、 n_c 以下で回転子を廻すことが望ましい。

回転子の全溝に、静的に充填し得る粉粒量を f [g] とすれば、供給効率 η [%] は次式によつて定義し得る。

$$\eta = 6000 \cdot F / (fn)$$

10~20 mesh の粉炭について、 η - n の関係をプロットすれば、Fig. 2 の η - n 曲線の如くなり、 n_c に於て効率は急に低下し始める。

構造上から見れば、本器は回転部分を有し、供給器としては余り簡単とは云えない。回転子とケーシングの摺動面及び軸承に粉が侵入し、磨耗の原因となるが、工業装置においては、軸承を充分遮断し得る構造上の工夫が

必要である。

実験装置においては、空気の圧が高くなると、軸承部より空気が微粉を伴つて噴出して困つたが、実装置に於ては上述の磨耗防止の意味と両方で、軸承部の構造に留意する必要があると考えられる。

本器の今一つの特徴は、粉粒が回転子を通過する際に、若干の粉碎作用を受けることであるが、これは用途によつて、利点とも欠点ともなる。10~20 mesh 及び 30~50 mesh の粉炭が、回転子を通過した後の篩分析の結果を、回転速度の函数として、それぞれ Fig. 3 及び Fig. 4 に示す。粉碎作用の最も少い回転数（約 150 r.p.m.）が前述の限界回転速度 n_c に一致しているのは興味ある点である。

要するに、本器は、気体流量に関せず、供給率を任意に定め得る特徴を有し、流動性粉粒には難なく用い得るが、構造上に色々の難点があり、また微粉を高圧気流中に供給するには、余り適したものと云えないと結論し得る。

Fig. 3

Fig. 4

§ 4 横型インゼクタ式供給器 (Horizontal Injector-type Feeder)

30~50 mesh の粉炭の風送実験のために, Fig. 5 の如き供給器を用いた。

30~50 mesh 粉炭については, 供給は円滑定常的であるが, 粒度が更に小さくなり (200 mesh), 流動性が減ずると, ホッパーの中央部の粉のみが円柱状に吸い込まれ, 周囲部が取残されて, 円滑な供給は難くなる。

ノズル圧力が 40~320 mmHg の範囲でノズルとディフューザとの間隔を種々に変えて実験を行い, 供給率 F [g/s] と空気流量 G [g/s] との関係を図示すると Fig. 6 の如くなる。但し a はホッパー中心線とノズル及びディフューザの先端との間隔 [mm] を表わし, a の負値はノズル先端がディフューザ内に入り込んだ場合を表わす (Fig. 5 参照)。Fig. 6 よれば, F と G は大体直線関係にあり。

$$F = \mu G$$

を以て表わし得る。比例恒数 μ は, F と G の比で, これを混合比と定義すれば, この実験範囲では, 混合比は空

Fig. 5

Fig. 6

気流量に関せず一定であると云い得る。併し μ は a に依り, その関係は,

$$\begin{cases} a [\text{mm}] = 10 & 5 & 0 & -5 \\ \mu & = 5.7 & 7.0 & 5.1 & 4.5 \end{cases}$$

であり, $a = 5$ [mm] において混合比 μ は最大となつている。従つて本器の供給特性としては, 混合比は気体流量に関せず一定であり, ノズル及びディフューザの位置によつて混合比を調節し得ると云い得る。

本器の構造は簡単で, 運動部分もなく, 粉の飛散もない。

要するに, 本器は気体流量にかかわらず混合比を一定に保ち, かつ粉の通過を容易にする。しかし微粉を取扱う場合

Fig. 10

る。欠点としては、供給率も混合比も、空気流量に依つて変動すること、堅型のために、水平導管と結合する場合には、供給器直後にベンドを設けなければならないことである。しかし空気流量が一定なる操作に用いる場合には（実際操作ではこの場合が多い）、前者の欠点は問題とはならない。

§ 6 むすび

以上三種の供給器に関する実験は、取扱材料の種類も限度されており、装置の寸法も各一種に過ぎず、これら

揺動することを示している。

本器では、ノズル圧力 P_N 及びノズル位置 a の調節に依つて供給率 F 及び混合比 μ を希望値に定めることができる。

本器は運動部分を有せず、従つて構造も比較的簡単で、粉の飛散も全然ない。

要するに、堅インゼクタ式は、供給器の眼目たる供給の円滑性に於て優秀であ

るデータのみにから、それぞれの型式全般について判断するのは無謀であろうが、少くとも一斑の傾向を示し、実験者及び実家の何等かの参考になりはせぬかと思ひ報告した次第である。

筆者の行つた実験の範囲では、各供給器の特徴を次の如く要約し得る：

(1) 回転子型は気体流量に関せず供給率を任意の希望値に保ち得る。この型式には限界回転速度が存在する。

(2) 横型インゼクタ式は気体流量に関せず混合比を所望一定値に保ち得る。

(3) 微粉の供給の円滑性から見れば、堅型インゼクタ式が、三者の中で最も優秀である。

§ 7 あとがき

堅型インゼクタ式が微粉供給器として優秀なことが判り、その二三の特性を本報に記したが、この特性の詳細、特に背圧、規模の問題については、稿を改めて報告したい。

本研究について、始終指導と鞭撻を戴いた大山義年教授に厚く感謝すると共に、堅型インゼクタ式の製作に盡力された科研所員高島洋一氏、回転子型の実験に協力された本学卒業生新海厚男、樋笠博氏並にインゼクタ式の実験に協力された本学職員北條護二、後藤一男氏に謝意を表する次第である。

On Characteristics of Powder or Grains Feeders

G. Kuwai, University of Tokyo

Abstract

Three types of powder or grains feeders, used to feed powder or grains into the gas stream in pipe in our laboratory, were tested. The first type, the rotor-type feeder, has the characteristic of constant feed rates, which are independent of gas stream velocities and can be varied with the rotor speed. In the second type, the horizontal injector-type feeder, the mixing ratios are constant, independent of gas stream velocities. The third type, the vertical injector-type feeder, has no such constant characteristics, but the feed rates are proportional to 2.48 power of the gas weight passing per unit time. But this type of feeder has an excellent advantage of smoothness in the finest powder feeding (under 200 mesh).