特殊雰囲気下における粉体の流動性

後 藤 昭 博*, 河 村 光 隆*
Akihiro GOTOH, Mitsutaka KAWAMURA

ま え が き

最近の粉体プロセスの傾向の一つとして、従来のような大気圧下での粉体の取扱いのみでなく、特殊な雰囲気での粉体の取扱いがプロセスとして取り上げられている場合がしばしば見受けられる。たとえば、石炭のガス化、液化、あるいは筆者らが関与している金属水素化物等のプロセス¹⁾がある。これらのプロセスでは雰囲気の温度、圧力、ガスの種類が特殊な状態にあり、このような環境下での粉体の挙動については、必ずしも十分明らかにされているとは言えず²⁾、装置の設計や粉体のハンドリングの際に支障をきたすことがある。

以上の観点から筆者らは、特殊雰囲気下での流動特性を常温、常圧下での流動特性から推定することを目的として、比較的普及しているパウダーテスターを利用し、種々の操作における流動特性を実験的に測定した。

1. 実験装置及び方法

実験は、大型圧力容器($\phi 1\text{m} \times 1\text{m}$)³⁾内に、細川鉄工所製パウダーテスターを設置して実施した。その際操作部分は分離して圧力容器外部に設置した。また圧力容器内で特殊雰囲気下にある装置は手動では測定できないので、モータを駆使し遠隔操作により測定した。たとえば、カップに堆積した粉体層のすり切りや崩壊角測定時のおもりの持ち上げ等である。また粉体層の角度を測定する場合は、圧力容器内のテレビカメラあるいは遠隔操作によるカメラを利用して撮影測定した。粉体の供給には電磁フィーダーを、重量測定には電子天秤を圧力容器内に設置して測定した。

実験に使用した粉体は、炭化硅素粉# 500(平均粒径約 $35\mu\text{m}$)(不二見研磨材製)を使用した。雰囲気ガスとしては、乾燥空気(露点 -50°C 以下)、食品貯蔵に使用される炭酸ガス、その他ヘリウムガス、アルゴンガスを使用した。

その他粉体に対する静電気等の影響をできるだけ小さくするために装置、ふるい等には接地を施した。雰囲気ガスの種類を交換する場合は、一度 1Pa 程度の減圧にした後入れ換えた。

測定した圧力範囲は約 $10 \sim 100\text{kPa}$ で、温度は $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ である。

2. 実験結果

2.1 ふるい分けへの影響

ふるい分けは粉体の基礎的な操作の一つであり、従来多くの研究がなされているが、雰囲気の影響についての検討は少ない。またふるい分けは三輪ら⁴⁾の提案したふるい流動性指数とも関連している。

実験は、 270メッシュ ふるいを全通する炭化硅素粉を、あらかじめ一定量(約 50g)ふるい上に載せた後、 50Hz の振動を印加して、一定時間経過後の重量変化を測定した。その結果を図1に示す。この結果によると、空気、炭酸ガスいずれの場合にも、減圧雰囲気であるほどふるい通過量は少なくなる。また、空気と炭酸ガスとの結果を比較するために、常圧空気密度に相当する炭酸ガスの圧力を 66kPa として、比較すると空気の方がふるい通過量が多い。これはガスの粘性の影響と考えられる。すなわち、ガス密度、ガス粘度の大きい程ふるい通過量が多くなる興味深い結果が得られた。常圧以上の加圧の場合も、低加圧域では同様の傾向が現われると考えられる。また図1には振動の振幅を変化させた場合についても示したが、同様の傾向があることがわかる。

昭和60年11月11日受付

* 工業技術院化学技術研究所(〒305 茨城県筑波郡谷田部町東1-1)
TEL 0298-54-4728

図1 雰囲気ガス圧力がふるい通過量に及ぼす影響

2.2 ゆるみ見掛密度

ゆるみ見掛密度は、初期充てん密度に相当しており、充てん特性に大切なパラメータである。またパウダータスターによる測定値から算出されたパラメータと Carr の流動性指数との相関が良好であると指摘⁵⁾ されている圧縮度とも関連している。

初期充てん密度に関しては、浅川ら⁶⁾ の大気圧下における報告がある、本実験では、ゆるみ見掛密度の雰囲気による影響を検討した。実験にはふるいを使用するので、あらかじめ、雰囲気の変化による通過量の変化がゆるみ見掛密度に及ぼす影響を検討しておく必要がある。そのためにふるいに供給する粉体の量を大きく変化させ、その影響を実験的に検討したところ、図2に示す結果を得た。図1の結果を考慮すると、通過量の変化がゆるみ見掛密度に及ぼす影響はほとんど無視できることがわかる。

実験の結果、かため見掛密度は雰囲気の影響はほとんど見られず約 $1.77 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ であった。一方ゆるみ見掛密度は雰囲気の影響がかなり現れた。その結果を図3に示す。いずれのガス雰囲気においても、圧力を減少させていった場合、同一値へ収束する傾向を示している。この結果をさらにガス密度についてま

図2 ふるい通過量がゆるみ見掛密度に及ぼす影響

図3 雰囲気ガス圧力とゆるみ見掛密度との関係

図4 雰囲気ガス密度とゆるみ見掛密度との関係

めたのが図4である。ほぼ同一の傾向を示している。炭酸ガスの変化率がわずかに小さいのは、ガス粘度の影響と考えられるが定量的に把握するまでには至らなかった。

2.3 安息角、分散性、その他

その他、Carr ら⁷⁾ の提案する流動性指標についても検討した。そのうち安息角、崩壊角、スパチュラ角に

図5 雰囲気ガス圧力が安息角に及ぼす影響

図6 雰囲気ガス密度が分散度に及ぼす影響

ついては、雰囲気の変化による有意的な差異は認められなかった。一例として図5に安息角についての結果を示す。また分散性についての結果を図6に示す。デ

ータにバラツキが見られるが、ガス密度に対して分散度が漸増する傾向がわかる。

おわりに

特殊雰囲気での微粉末の流動特性を、普及度の高いパウダーテスタを利用して測定し、常温、常圧での流動特性から特殊雰囲気での流動特性を推定することを試みた。その結果、ふるい通過量と充てん特性を表わすゆるみ見掛密度に影響が現れることがわかった。ふるい通過量はガス密度、粘度が大きい程多くなる事、ゆるみ見掛密度は大よそガス密度に比例して減少し、またガス粘度の影響もある事の知見も得た。

使用記号

P : ガス圧力

[kPa]

ρ_g : ガス密度

[kg/m³]

ρ_b : ゆるみ見掛密度

[kg/m³]

引用文献

- 1) 河村光隆, 後藤昭博, 小野修一郎, 日向野栄, 水野陽一: 化学工学協会第14回秋期大会要旨集, 844 (1980)
- 2) 竹内和, 三輪茂雄: 粉体工学研究会誌, **7**, 205 (1970)
- 3) 後藤昭博, 伊ヶ崎文和, 河村光隆, 外山茂樹: 粉体工学研究会誌, **16**, 285 (1979)

- 4) 三輪茂雄, 竹内和: 粉砕, **15**, 8 (1970)
- 5) 三輪茂雄, 清水慎一: 粉砕, **16**, 103 (1981)
- 6) 浅川貞雄, 神保元二, 酒井収: 粉体工学研究会誌, **9**, (3), 171 (1972)
- 7) Carr, R.L.: *Chem. Eng.* **72**, 163 (1965)