

食品、医薬製剤に用いられている粉体の帯電量測定 Powder Charge Measurements of Food Materials and Pharmaceutical Compounds

(株ユーイング¹⁾, ユーテック(株)・ユーテック研究所²⁾
○梅澤俊輔¹⁾, 宮澤禅²⁾, 山口智責¹⁾, Mohammed Rafiqul ISLAM¹⁾

食品、医薬品の製造プロセスにおいて、粉体が静電気を帯びることにより配管や容器などに付着し、歩留まりの低下や定量搬送、定量包装がなされていない事態が生じている。そのため、食品や医薬品の粉体技術においても、粉体の帯電量を正確に把握しておくことが重要となってきた。粉体の帯電による電荷の発生とその移動、付着した粉体の帯電量測定を行った。粉体の帯電性の違いによる影響について知見を得ることができた。

1. 緒言

医薬品を取り扱う際、もっとも厄介な問題の1つに静電気がある。もともと電気抵抗の高い有機粉体は、操作段階で多量の静電気を帯びる。粉体を高分子で被覆することなどにより、機能性を持たせることに成功したが、一方で帯電性が変化し使用上の弱点となることが分かっている¹⁾。したがって、粉体の静電気特性の測定は粉体の挙動を把握する上で重要である。

静電気特性は様々な方法により測定できるが、電荷量の測定、電位・電界の測定が多用されている²⁾。帯電物に働く静電的な力は電荷量により表すことができる。電荷量は Fig. 1 のようなファラデーケージ法などにより測定できる。

電位・電界の測定からでは対象物の静電容量をあらかじめ把握しておく必要があり、電荷量を直接測定ができない。帯電物に作用する静電的な力の解釈のためには電荷量測定が有効といえる。電荷量測定は電子写真や静電塗装、電子デバイスなどの分野で広く利用されている^{3) 4) 5)}。しかしながら、医薬品、食品などの粉体では輸送経路などに付着する粉体の単位質量当たりの電荷量(帯電量)は小さく、例えば $1\mu\text{C/g}$ 以下であることが多い。そのため、医薬品、食品などの粉体の電荷量測定では、測定値バラつきを抑えて精度よく測定することが求められ高精

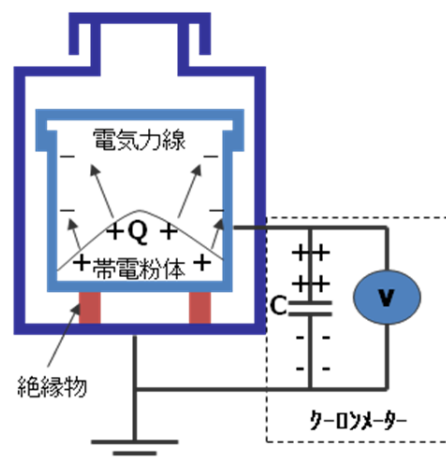


Fig. 1 電荷量測定原理とファラデーケージ

度のクーロンメーターを利用するだけでなく測定方法の工夫が必要とされる。今回、これらを考慮した測定方法ならびに電荷量測定器により、食品、医薬品に用いられている粉体の摩擦帯電による電荷の発生と移動、付着に関する帯電性について測定を行った。

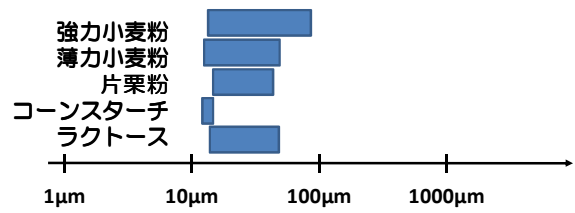


Fig. 2 粉体の粒子径

2. 実験方法

2.1 粉体サンプル

実験では下記 5 種類の食品、医薬品の製剤に利用されている粉体を使用した。

- ・ 医薬品 (錠剤の賦形剤)

A. ラクトース : D(+)-ラクトース(1 水和物)、 $C_{12}H_{22}O_{11}$ 、キンダ化学製

B. コーンスターチ : トウモロコシを原料とするデンプン質、日の本キング(株)製

- ・ 食品

C. 片栗粉 : ジャガイモを原料とするデンプン質、(株)栃ぎ屋製

D. 小麦粉 (強力粉) : たんぱく質 12%、デンプン質 7 割以上、他水分など、日本製粉(株)製

E. 小麦粉 (薄力粉) : たんぱく質 8%、デンプン質 7 割以上、他水分など、日清製粉(株)製

各粉体サンプルの光学顕微鏡 (VHX-600、(株)キーエンス) による外径寸法の測定から得た粒子径を Fig. 2 に示す。

2.2 トリボ帯電評価装置

粉体は帯電することで付着など様々な挙動を示すため、粉体を帯電させて帯電性評価する手法が試みられている⁶⁾。それを踏まえて、Fig. 3 に示すようにフッ素樹脂との摩擦帯電により発生する電荷量に着目したトリボ帯電評価装置を作成した。アクリル樹脂製の気密性のあるボックスの内側全面にアルミ箔を張り付けて容器内側のシールド性を確保し、ボックス内の空気は真空ポンプにより排気できるようにした。ボックス上部にフッ素樹脂製のチューブ (内径 2.0mm、長さ 60cm) を取り付けて、絶縁された 2 重の導電性被覆を施した。次に、ボックス内に金属製のターゲット (縦 10cm、横 10cm) をフッ素樹脂チューブから 8cm の距離に取り付けてアルミ箔と絶縁した。フッ素樹脂チューブに発生した電荷量とターゲットに付着する粉体の電荷量はそれぞれクーロンメーターにより測定を行った。

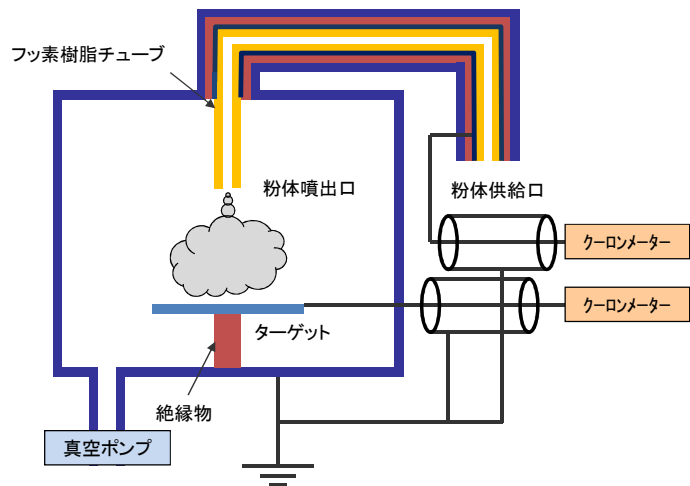


Fig. 3 トリボ帯電評価装置の概略図

測定は排気中に 0.1g の粉体を粉体供

給口から供給し、その粉体が帯電することでフッ素樹脂チューブに発生した電荷量(発生電荷量)と、帯電した粉体がターゲットまで移動して付着する際にターゲットに流れる電荷量(移動電荷量)の2種類の電荷量測定を行った。帯電量については、[発生帯電量(nC/g)=発生電荷量(nC)/粉体サンプルの供給量(g)]と、[移動帯電量(nC/g)=移動電荷量(nC)/ターゲットへの粉体付着量(g)]により求めた。ターゲットには粉体輸送の配管などに利用されているステンレスと導電材上に設けたテフロン(t=1.0mm)を用いた。測定は20~22℃、50~60%Rhの室温環境下で行った。



Fig. 4 粉体電荷量測定器

2.3 吸引式粉体電荷量測定器

前記の評価装置では付着直前まで粉体が保持していた電荷量の測定が可能であるが、静電的にターゲットに付着している粉体の電荷量測定はできない。付着した後に粉体を吸引するなど捕獲することにより付着粉体の電荷量が得られる。Fig. 4 に示すように、付着粉体の電荷量測定はファラデーケージ構造の吸引式粉体電荷量測定器 (EA02 シリーズ, ㈱ユーイング) で行い、単位質量当りの電荷量(付着帯電量) (nC/g) を求めた。吸引した粉体はフィルターを内包した樹脂製フィルターカプセルに捕獲される。吸引粉体の質量はフィルターカプセルを粉体吸引前後に秤量することにより得た。

3. 結果および考察

ターゲットがステンレス(SUS)の場合：

Fig. 5 に示すように、発生帯電量はいずれの粉体も負の帯電量であった。また Fig. 6 に示すように、移動帯電量は全て正でその絶対値が発生帯電量より僅かに大きい値であった。粉体比較では、強力粉と薄力粉はラクトースやコーンスターチより帯電量が高い。ここで、発生帯電量と移動帯電量がそれぞれ正負逆になるのは、粉体が摩擦帯電してフッ素樹脂チューブが負、粉体が正に帯電したことを表している。移動帯電量が正になっているため、ターゲットに付着する粉体も正であり付着帯電量は正となる。付着帯電量は Fig. 7 に示すように移動帯電量から顕著な低下を示しており、ラクトース、コーンスターチ、片栗粉の帯電量については負になった。

ターゲットがテフロン(Tefron)の場合：

Fig. 8 に示すように、移動帯電量は全て正であるがターゲットがステンレスの場合と比較するといずれの粉体でも高い帯電量であった。また、Fig. 9 に示すように、付着帯電量は移動帯電量と異なっており、特にラクトース、コーンスターチ、片栗粉の帯電量が顕著な低下を示した。しかしながら、ターゲットがステンレスの場合と比較すると付着帯電量はプラス側であることが分かった。なお、評価前の粉体については、Fig. 10 に示すようにいずれの粉体も付着帯電量と比較して2桁以上小さな値でありトリボ帯電評価装置による粉体の帯電を確認した。

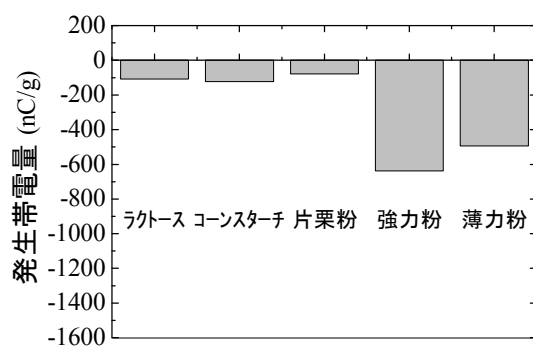


Fig. 5 発生帯電量の比較

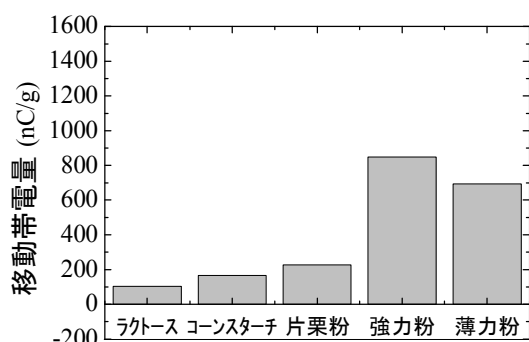


Fig. 6 移動帯電量の比較 (Target: SUS)

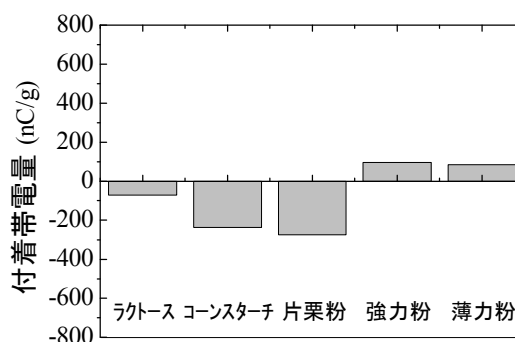


Fig. 7 付着帯電量の比較 (Target: SUS)

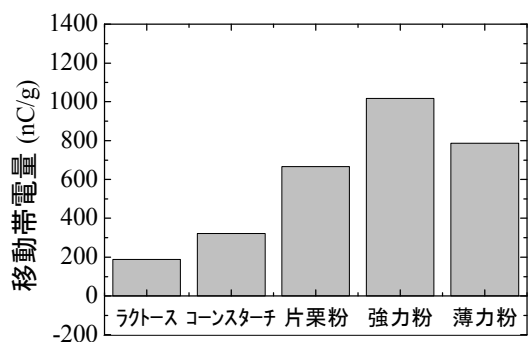


Fig. 8 移動帯電量の比較 (Target: Teflon)

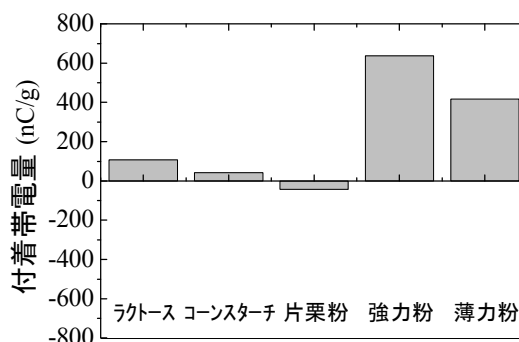


Fig. 9 付着帯電量の比較 (Target: Teflon)

粉体サンプル	帯電量(nC/g)
ラクトース	-0.6
コーンスターチ	-1.5
片栗粉	-1.1
強力粉	3.7
薄力粉	2.1

Fig. 10 評価前の粉体帯電量

発生帯電量と移動帯電量の結果の相違は、到達後の粉体がターゲットとの間で摩擦帯電した影響と考えられる。また、移動帯電量と付着帯電量の結果の相違は、ターゲットに付着してから吸引測定するまでに粉体が自己放電したことが影響していると考えられる。フッ素樹脂やテフロンによって粉体はプラスに帯電しやすく自己放電しにくいいため、テフロンのターゲットでは移動帯電量ならびに付着帯電量がステンレスの場合よりプラス側にシフトしたと考察される。

以上のことから、強力粉や薄力粉は他の粉体と比べて静電気を帯びやすい粉体であることが分かった。粉体輸送の配管内にこれらの粉体 flowed 場合、配管の内壁において他の粉体よりも静電気の蓄積が起きやすいと考察される。強力粉や薄力粉が付着した場合、粉体はプラス側に帯電してテフロン製の配管などへ付着堆積しやすく、ラクトース、コーンスターチ、片栗粉はマイナス側に帯電してステンレス製の配管などへ付着堆積しやすいと考察される。

4. 結 言

製作したトリボ帯電評価装置により、食品や医薬製剤に利用されている粉体の摩擦帯電による電荷移動の挙動が確認できた。また、付着粉体の帯電量測定では電荷移動（移動電荷量）の結果と大きく異なる挙動を示すことも確認できた。小麦粉（強力粉、薄力粉）とコーンスターチや片栗粉では帯電量に明らかな違いがみられ、同じデンプン質を多く含む粉体でも帯電性に違いがみられることが分かった。2つの電荷量の測定手法を併用することで様々な粉体の帯電性に関して評価が可能になったと考える。

今回の電荷量測定では一回当たりの吸引粉体質量が少量であり電荷量の測定値が数～数十 nC 以下という小さな値であったが精度よく測定が出来た。特に、吸引電荷量測定器による測定では粉体を捕獲するフィルターがカプセル化されているため、フィルターの交換や内部清掃など測定時間が短縮されたことで煩雑性を飛躍的に低減できた。

参 考 文 献

- 1) 川島嘉明：粒子設計と製剤技術，薬業時報社，p.6(1993)
- 2) 村田雄司：静電気の基礎と帯電防止技術，日刊工業新聞社，p.161, p.177(1998)
- 3) 竹内学：日本画像学会誌，45(4), 370-380(1995)
- 4) 竹内学：静電気学会誌，19(1), 2-7(1995)
- 5) 鈴木功一：静電気学会誌，23(6), 303-308(1999)
- 6) 鈴木輝夫 他：静電気学会誌，25(1), 37-44(2001)