

第1章

粉粒体の物性

1.1 粉粒体の特徴と粉粒体製品

物質の三態と言えば固体、液体、気体を指すが、固体粒子の集合体である粉粒体は固体なのにもかかわらず、構成粒子が一個一個ばらばらに運動すれば液体のように流れるという特徴がある。

また、粉粒体は量の調整が簡単である、乾燥状態では腐敗しにくい、単位体積当たりの表面積である比表面積が大きいので溶解性や融解性、反応性が良いなどの特徴がある。さらに粒子径が小さくなると1個の粒子は単一の物質で構成されるようになってくるので、分離が簡単になるという特徴もある。

これらの特徴を生かして粉粒体は様々な用途に幅広く用いられている。

粉粒体は固体なのに液体のような流動性を持つので様々な中間製品や製品に使われるばかりでなく、原料や廃棄物も粒子状にする場合が多い。主な粉粒体製品を以下にあげる。

- 食品：小麦粉、粉ミルク、塩、砂糖、コーヒー、ココア、抹茶、カレー粉、化学調味料など
- 生活用品：化粧品（ファンデーション、白粉、日焼け止めクリームなど）、線香、ペットフード、使い捨て懐炉、吸水性樹脂、粉末消化剤
- 工業製品：セラミックス、蛍光体、顔料、粉体塗料、充填剤など
- 建築材料：セメント、石膏、骨材（砂利、砂）、珪藻土など
- 医薬品：粉薬、カプセル、錠剤
- 電気製品：トナー、液晶用スペーサー、半導体封止材、磁性粉、コンデンサ、電池材料など

これらのうち、食品や医薬品、使い捨て懐炉などでは主に比表面積が大きいことを生かして溶解性や反応性を上げるために粉粒体に行っていると考えられる。また、塗料や顔料、トナーやファンデーションなどでは微粒子ほど自重に比べて付着力が相対的に増加するので、安定した塗布やコピーが可能となる。セメントやセラミックス、錠剤などでは流動性を生かして型に流し込み、化学反応や部分的な溶融、圧縮による接合などによって粒子層を固めて目的とする形状にすることができる。逆に粉末消火剤では容器に充填した粉体の流動性を生かして圧縮ガスとともに火元に噴射することができる。

1.2 粉粒体の1次物性、2次物性と粉粒体操作

粉粒体は操作条件によっては個々の粒子間に付着力が働き、流動性を失い、固体の固まりのような挙動を示すこともある。このような特徴をうまく制御できれば流体のように型に流し込み、固めて切削や切断なので操作をしなくても簡単に目的とする形状の製品を作ることができる。しかしながら流れてほしい時に固まったり、逆に固まってほしい時に崩れたりすれば、トラブルによるプロセスの停止や不良品の発生などという問題が生じる。したがって粉粒体の流動性や充填性を検討し、適切に制御する必要がある、粉粒体の物性は重要である。

図1.1に示したように、粉粒体の物性は大きく2つに、すなわち構成粒子1個の物性と粒子が集合した団体としての物性に分類できる。これらのうち構成粒子1個の物性は粉粒体の1次物性とも呼ばれ、粒子径、粒子形状、粒子表面状態、粒子密度などが該当する。一方、粒子が集合した団体としての物性は粉粒体の2次物性とも呼ばれ、充填性や流動性などがこれに該当する。2次物性である粒子群の物性は当然、構成粒子の物性である1次物性の影響を大きく受けるので、例えば粉粒体の充填性や流動性を制御するためには構成粒子の物性である1次物性との関係を理論的、モデル、シミュレーション、実験結果などを使って結び付け、粒子径やその分布、粒子形状などを適正に調整する必要がある。また、実際の粉粒体の充填操作や輸送操作と2次物性である粒子群の物性との関係も何らかの方法で結び付ける必要がある。このように粉粒体の1次物性、2次物性、粉粒体操作間の関係がすべて結び付けることができれば、実際の粉粒体操作に合う構成粒子の性質を調べて調整することが可能となる。そのための様々な研究・開発が行われているが、1次、2次物性と粉粒体操作との関係が完全に解明される状態までは至っていないのが現状である。

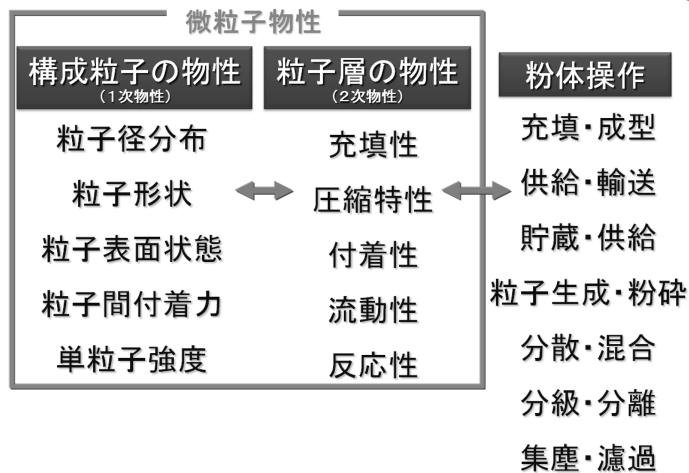


図 1.1 粉粒体の1次物性、2次物性と粉体操作

1.3 粒子径

粉粒体が固体なのに流動性を持つなどの独特な性質を示すのは粒子の集合体だからであり、構成粒子の大きさすなわち粒子径は最も重要な粉粒体物性である。工業的に用いられる粉粒体は数 nm から数 m までの 10 億倍すなわち 10^9 にも及ぶ幅広い粒子径範囲にまたがっている。図 1.2 に主な粉粒体の粒子径範囲を示した。これだけ粒子径範囲が広いと充填性や流動性も粒子径によって大幅に異なってくる。そのために粒子径の測定と粒子径分布が極めて重要である。

粒子径を測定するためには試料をサンプリングする必要があるが、液体と異なり粉粒体は容易に偏析を起こし、図 1.3 に示したように、場所によって粒子径やその分布、粒子形状などが異なるので、分割器や円錐四分法などを用いて偏析の影響をできる限り除く必要がある。特に多量の粉粒体から少量のサンプルを採取する際には、そのサンプルが測定したい粉粒体全体の代表と言えるかどうかを検討する必要がある。

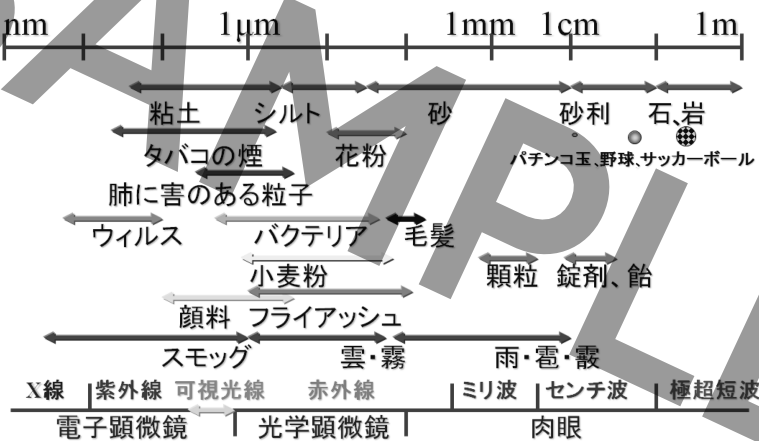


図 1.2 様々な粉粒体の粒子径

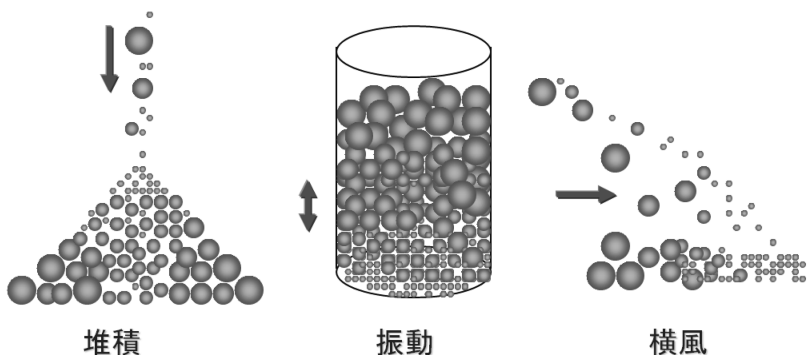


図 1.3 粉体操作時の粒子偏析の例