

塵・レゴリス模擬物の圧密実験

神戸大学大学院理学研究科 中村昭子

粉体の圧密は、ダストアグリゲイトの成長と微惑星集積、天体の衝突破壊による破片の再集積、高速度衝突による衝撃圧縮や角礫岩化など、小天体の形成進化における素過程のひとつである。圧密を引き起こす圧力の源としては、円盤ガスの圧力、天体内部の自己重力による土圧、ダストアグリゲイトどうしの相互衝突や惑星間空間からの固体の高速度衝突など、衝突による圧力が考えられる。圧密後の粉体集合体の構造は、充填率、配位数、粒径、粒子接触面積といった要素で記述され、粉体で構成される小天体のガスに対する抵抗力、強度や音速などの機械物性、熱物性を決定づける。

ダストアグリゲイトを構成するシリケート塵の模擬物として、単分散・多分散のアモルファスシリカ球および不規則形状の多分散シリカ粒子が用いられてきた。地上(1G)重力のもとで、100 ミクロン以下の粒子では粒子間に働く力が無視できなくなり、粉体層の空隙率(1-充填率)は40-50%よりも大きくなる。この大きな空隙は、個々の粒子を破壊せずに圧縮によって減少(圧密)させられうる。粉体層の静的圧縮に用いられるピストン圧縮は、遠心加速による模擬重力下での圧縮と相違ないことが示されている。ただし、粉体層を容器に入れて圧縮する場合は粉体が壁で支えられることに注意を要する。

球シリカ粒子については、単分散と多分散の圧縮結果は似ている。また、球粒子の数値シミュレーションは実験結果を定性的に再現している。不規則形状粒子では、大きい粒子ほど圧縮に大きな圧力を要することが示されている。実験結果をもとに、自己重力下で集積した隕石母天体の内部充填率構造の推定も行われている。

圧密後の粒子層の引張強度は、粒子層の直接引張試験と圧裂引張強度試験により測定されているが、圧裂引張強度試験による結果は充填率依存性が大きい。二分割セルを用いた不規則形状粒子の引張強度測定でも大きな充填率依存性が示されている。球粒子粉体層の直接引張破壊で測定された強度は数値シミュレーションで再現されている。他方、不規則形状粒子については、引張強度と粒子間力(または粒子表面エネルギー)の関係を、物理的理解のもとに定量的に推定するには至っていない。

弾丸衝突によるコンドリュールとマトリックスを模擬した粉体混合物の圧密実験も行われている。ただし、容器に試料を封入しての実験なので試料が受けた圧力履歴は複雑であり、実験コンフィギュレーションでの数値シミュレーションとの比較が必要と考えられる。この実験では、コンドリュールの周囲にリム構造が形成されないことが示された。

室内実験で用いられている不規則形状粒子は、隕石を構成する粒子と比べると、(1)微細な凹凸に乏しく、(2)圧壊強度が大きく、(3)サイズが大きい(典型的粒子は1ミクロン以上)。小天体内部ではシリケート粒子だけでなく氷や有機物の微粒子も存在する点もこれらの実験では模擬されていない。