

衝突による普通コンドライトの物理化学進化に関する研究

寫生有理¹, 国広卓也¹, 長谷川直², 鈴木絢子², 中村栄三¹
¹岡山大学地球物質科学研究センター, ²宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

1 はじめに

小惑星の衝突履歴は普通コンドライト中の衝撃変成構造 (1) や衝突天体の岩片 (2) として記録されている。衝撃変成過程はカプセルを用いた衝撃回収実験によって組織の変形構造やメルトの元素拡散量の物性および衝撃圧力依存性が調べられてきた。一方、衝突による標的と弾丸の混合過程は、金属弾丸の SiO₂ 標的への衝突実験から Al 合金の酸化還元反応による Al₂O₃ の生成が報告されている (3)。小惑星における衝突による物質進化過程をより理解するためには、珪酸塩同士の衝突による機械的、化学的混合過程を明らかにする必要がある。本研究では、珪酸塩同士の衝突による物理化学混合過程を明らかにするため、普通コンドライトの主構成鉱物であるかんらん石を用いて、斜長石粉体への高速度衝突実験を行なった。

2 方法

実験は宇宙科学研究所の横型二段式軽ガス銃を用いて行なった。弾丸は直径 3.2 mm, 高さ 2.3 mm のかんらん石 (fo₉₅) を用い、サボを用いて衝突速度 3, 5, 7 km/s に加速した。標的は直径 60 mm, 高さ 60 mm の円筒容器に充填した粒径 0.3-0.7 mm の斜長石粉体 (ab₆₀ab₃₉or₁, バルク空隙率 40%) を用いた。円筒容器は回収箱内に横向きに設置し、衝突する面は直径 2 cm の弾丸突入孔を設けたアルミ板で塞いだ。回収箱は 4-10 Pa の真空チャンバーに設置された。弾丸の衝突は高速度ビデオカメラを用いて影写真法で撮影した。実験後、円筒容器内の斜長石粉体を硬化樹脂で固化し、衝突点を含む厚片を作成した。分析は全て岡山大学地球物質科学研究センターで行った。電界放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM), 顕微ラマン分光装置を用いて厚片の観察を行ない、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDS) を用いて溶融組織の定量と元素分布を測定した。

3 結果・考察

破壊された体積を定量化するため、初期粒径より小さい粒子が存在する領域を破碎領域と定義し、破碎領域深さ d (mm) として初期表面からの最大距離を測定した。その結果、弾丸長さ h_p (mm) で規格化した破碎領域深さは衝突エネルギー E (kJ) とともに増加し、 $\frac{d}{h_p} = 10^{0.9} E^{0.4}$ という経験式が得られた。破碎の程度の深さ依存性を調べるため、空隙率と破片サイズ分布を調べた。破碎領域の外側では空隙率 40%, サイズ分布のべきは -1.0 であり、表面に向かって空隙率は 60% 以上に増加し、べきは -2.1 まで減少することがわかった (図 1a,b)。FE-SEM-EDS による元素分布測定の結果、かんらん石弾丸の破片は破碎領域周辺部に分布し、その組織は細粒の角張った粒子と溶融組織を示すことがわかった。溶融組織はかんらん石と斜長石の粒間で観察され、その組成は両者の中間組成であることが確かめられた (図 2a,b)。

References

- [1] D. Stöffler, et al. (1991) *Geochimica et Cosmochimica Acta* 55(12):3845.
- [2] D. Nakashima, et al. (2003) *Earth and Planetary Science Letters* 212(3):321.
- [3] C. Hamann, et al. (2015) *LPI Contributions* 1861:1071.

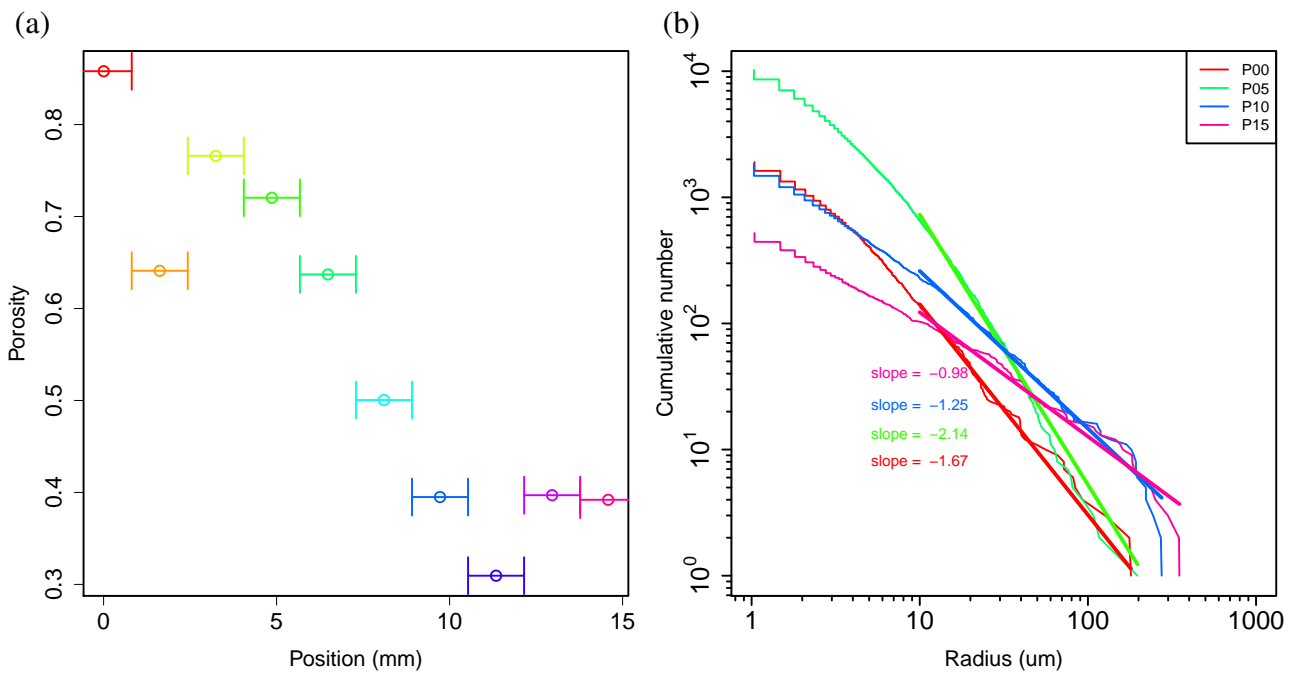


Figure 1: (a) 破碎領域空隙率の深さ依存性. (b) 深さ 0, 5, 10, 15 mm でのサイズ分布.

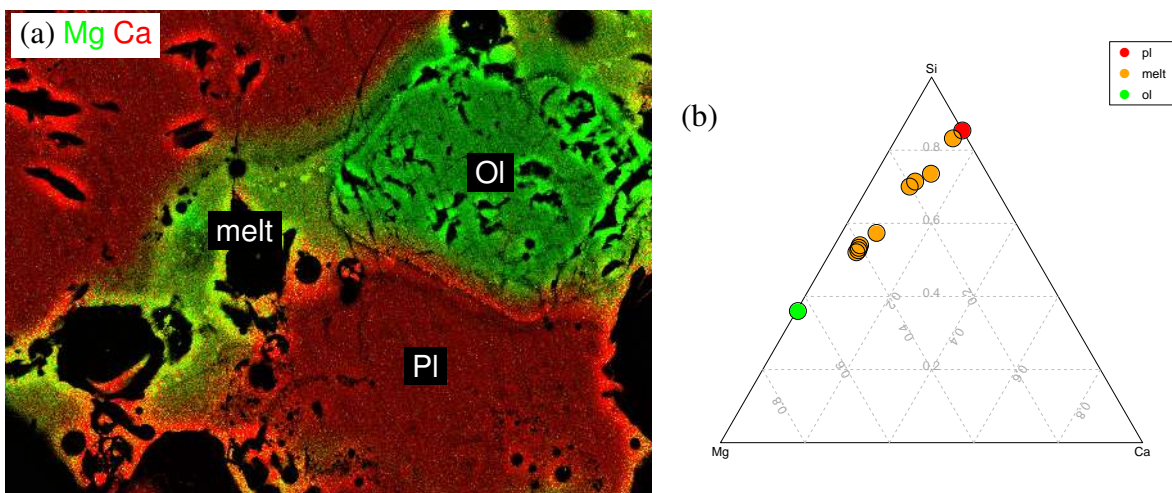


Figure 2: (a) メルトの Mg (緑), Ca (赤) 分布. (b) メルトの化学組成.