

過冷却液滴の高速衝突による複合コンドリュール形成

荒川 創太, 中本 泰史

(東京工業大学 理学院 地球惑星科学系)

コンドリュールは mm サイズの球形のケイ酸塩粒子であり、コンドライトと呼ばれる始原的な隕石の主要構成物である (e.g., Scott 2007)。放射年代測定から、コンドリュールは太陽系形成後の数百万年の期間に宇宙空間で結晶化したことがわかっている (e.g., Bollard et al. 2017)。コンドリュールは高温加熱イベントによってケイ酸塩粒子が溶融することで形成されたと考えられており、加熱イベントの発生機構については、衝撃波加熱モデル (e.g., Iida et al. 2001) や雷加熱モデル (e.g., Desch & Cuzzi 2000) など様々な説が提唱されている。

一部のコンドリュールは、複数のコンドリュールが付着した状態で隕石中に存在している (e.g., Wasson et al. 1995)。このようなコンドリュールは複合コンドリュールと呼ばれ、加熱イベントによって溶融したコンドリュールが結晶化する前に他のコンドリュールと衝突することで形成されたと考えられている (e.g., Yasuda et al. 2009)。このとき、結晶化前のコンドリュールが限界付着速度以下で衝突する必要がある。従来、限界付着速度は表面エネルギーと衝突エネルギーのバランスから 1 m s^{-1} 程度と見積もられてきた (e.g., Kring 1991)。しかし、この見積もりでは岩石メルトの粘性の効果が無視されており、限界付着速度が過小評価されている。特に、複合コンドリュールは過冷却液滴の衝突 (Arakawa & Nakamoto 2016) によって形成されたと考えると、過冷却液滴の大きな粘性は限界付着速度を劇的に上昇させることが期待される。

そこで本研究では、過冷却液滴の粘性の効果を考慮し、限界付着速度の再評価を行った。液滴の衝突実験から得られた限界付着速度と粘性の関係式 (Sommerfeld & Kuschel 2016) と、コンドリュール組成の岩石メルトの粘性と温度の関係式 (Hubbard 2015) とから、限界付着速度の温度依存性を計算した。その結果、直径 1 mm のコンドリュール前駆体であれば、液滴の温度が 1600 K 以下のとき限界付着速度は 100 m s^{-1} 以上に、 1450 K 以下であれば 1 km s^{-1} 以上になることがわかった。すなわち、コンドリュール前駆体が過冷却液滴として衝突する状況を考えれば、衝撃波面後方のような結晶化前のコンドリュールが高速衝突する環境において複合コンドリュールが形成できる可能性がある。