

# 超高压相から読み解く小天体の衝突過程

岡山大学地球物質科学研究センター  
富岡尚敬

ケイ酸塩鉱物は地球型惑星を構成する主要鉱物である。それらの結晶構造の高圧下での振る舞いは地球深部を理解する上で極めて重要であり、高温高圧実験により、その構造変化や相平衡の研究が精力的に行われてきた。その一方で、我々は地球深部の物質そのものを直接手に入れる努力も重ねている。しかしながら、ダイヤモンド中のマントル物質が「高圧相のまま」保持されている例は  $\text{MgSiO}_3$  輝石の高圧相のメージャライトだけであり、他のケイ酸塩高圧相のほとんどは地球外物質である隕石から発見されている [1]。隕石の母天体と考えられる小惑星は地球より遙かに小さい天体であるが、相互の高速衝突において、非常に短時間ではあるが地球深部に相当する高温高圧状態が達成されるからである。それらの高圧相の安定領域から、最も大きな衝撃変成を受けた普通コンドライトは 22 万気圧以上の圧力を経験したことが明らかになった。また、衝撃圧力は衝突速度の関数であり、これらの隕石の物性値を近似的にカンラン岩の値と同じものとして衝突速度を見積もると、この隕石の母天体は過去に約 5 km/s の相対速度で衝突をしたことがわかる。このような高圧相の安定領域に基づく最近の議論に対し、従来コンドライト隕石の衝撃圧力の推定は、衝撃回収実験によるケイ酸塩の変形、再結晶、熔融、相転移の組織と隕石組織との比較を基に行われてきた [2]。この衝撃圧スケールによると、ケイ酸塩高圧相を含む隕石の推定圧力は 45-90GPa に相当し、上述の高圧相の安定領域から見積もられた圧力 (20GPa 前後) と極めて大きな隔たりが存在する。70GPa 近いこの大きな矛盾の原因は、これまで相転移の速度論が十分に考慮されていなかったためと考えられる。隕石母天体における衝撃変成では、圧力保持時間は数十ミリ秒から数秒であるのに対し、衝撃回収実験での圧力保持時間はマイクロ秒と 4 桁以上小さいからである。これを踏まえ、衝撃実験より長い圧力保持時間をとることのできる外熱式ダイヤモンドアンビルセルを用いて、衝撃スケールの重要な指標の一つあるマスケリナイト (固相転移による長石ガラス) の形成圧力の検証を行った。その結果、静的な高圧実験のタイムスケール ( $10^3$  秒) では、 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  長石の非晶質化圧力は衝撃実験のものより 10 GPa 以上低いことが明らかになった [3]。今後より系統的な相転移速度論の検討が必要ではあるが、これらの実験の結果は、衝撃実験に基づく従来のスケールが圧力を過剰に見積っており、今後見直しが必要であることを示唆している。以上の様に隕石鉱物の高圧相転移現象は小天体の衝突過程を理解する上で重要であるが、地球型惑星深部の構造やダイナミクス解明へのヒントも提供してくれる。本講演ではその具体例も紹介したい。

## 参考文献

- [1] e.g. N. Tomioka and K. Fujino: *Science* 277, 1084 (1997); N. Tomioka and K. Fujino: *Amer. Mineral.* 84, 267 (1999); N. Tomioka, H. Mori and K. Fujino: *Geophys. Res. Lett.* 27, 3997 (2000); N. Tomioka and M. Kimura: *Earth Planet. Sci. Lett.* 208, 271 (2003) [2] D. Stöffler, K. Keil and E. Scott: *Geochim. Cosmochim. Acta*, 55, 3845 (1991) [3] N. Tomioka, H. Kondo, A. Kunikata and T. Nagai: *Geophys. Res. Lett.* 37, doi:10.1029/2010GL044221