

衝突雷: 惑星古環境を探る新たな視点

黒澤耕介¹, 村主崇行², 奥住聡³

¹千葉工業大学 惑星探査研究センター, ²理化学研究所, 計算科学研究機構,

³東京工業大学 理学院 地球惑星科学系

はじめに: 天体衝突で引き起こされるすべての物理・化学現象は衝突天体が持ち込む運動エネルギーを源として引き起こされる。多数の先行研究によって高速度衝突時の岩石物質の熱力学的・流体力学的応答、すなわち各自由度へのエネルギー分配はよく理解されているとあってよいであろう。高速度衝突が起こると被衝突天体の表層は粉碎されて上空へ放り出され放出物カーテンを形成する。この放出物の総質量は衝突天体質量の 10-100 倍に及ぶ。かなりのエネルギーが掘削・放出のために分配されたことになるが、大部分はほとんど加熱を受けない。そしてその運動は非圧縮で弾道飛行である。したがって熱的にも流体力学的にも”冷え切った”状態にあり、その後は重力に従って堆積するのみで地質試料としての注目度は衝突熔融物などに比べて低いと考えられてきた。

衝突雷: 我々は放出物カーテン中の電荷移動を考慮すると、この描像が一変する可能性があることを提案する。粉碎された岩石で構成される放出物カーテンの内部では粒子同士の相

互衝突により、徐々に電荷分離が起こると期待できる。実際に石英微粒子を石英の壁に衝突させた実験結果によれば、小粒子が電子を持ち去り、負に帯電する。電荷分離によって形成された電場の強度が絶縁破壊の閾値を超えると放電が起こり電荷中和する。地球上の雷の観測結果によれば、放電路の中心の温度は $>10^4$ K に及ぶ。放電路周辺の岩石粒子の一部は融点を超え熔融するであろう。これは放出物カーテンの「熱的な再活性化」とみることがができる。このような過程は火山噴火の際にも報告されており、天体衝突で発生した放出物カーテン中でも同じように放電が起こると期待できる。我々はこの過程を「衝突雷」と名付け、検討を進めている。

衝突雷の惑星科学的意義: 大気を持つ惑星上で形成される放出物カーテンは岩石粒子と惑星大気の懸濁流体である。岩石同士の相互衝突速度や絶縁破壊電場強度は惑星大気圧に依存する(パッシェン曲線)。衝突点近傍で強い衝撃圧縮を受けた物質は衝突熔融物や高圧相鉱物を含み地質試料として注目されてきた。ところがこのよ

うな試料は惑星大気についての情報は保持していない。これは衝突点近傍では大気が一時的に吹き飛ばされてしまい、岩石と大気の混合効率が低いためである。それに対して衝突雷は岩石粒子と大気の懸濁流体を急加熱する。最近、火山雷が観測された火山の新鮮な堆積物の詳細分析によって雷によって特徴的なガラス球粒(スフェリキュール)が発見された。電極放電による雷の模擬実験によってこのようなスフェリキュールが実際に形成されることも確かめられている。天体衝突時に衝突雷が起きたとすれば、スフェリキュールはその組織中に当時の惑星大気を取り込む可能性が高い。従ってスフェリキュール生成量は惑星大気圧に依存すると期待され、その組織中には当時の惑星大気が保存されている可能性がある。衝突雷由来のスフェリキュールは惑星古環境(大気圧、大気組成)を復元するための有力な情報を与えると期待できる。

衝突実験計画: 衝突雷が起こることを実証するため、粉体標的への衝突実験を計画中である。粒子同士の相互衝突を促すため、人為的に極端なサイズ分布(大粒子と小粒子の二山分布)を持つ粉体標的を用いる。宇宙科学研究所超高速衝突実験施設の縦型二段式水素ガス銃で弾丸を加速し、暗闇中で放出物カーテンを観察する。事前の計算

によれば、物質放出の持続時間は~100 ms 程度、放出物総質量は弾丸質量の 500-1000 倍程度である。放出物カーテンの幾何学形状、大粒子と小粒子の間の相対速度を仮定し、石英粒子の帯電の実験結果を用いて、任意の大気圧における絶縁破壊に至るまでの特徴時間を計算する単純化したモデルを構築し、実験条件を検討している。0.1 気圧以下の条件で実験を行うと、実験室スケールでも放電に至ってもよいという見積もりを得ている。結果は来年度の研究会で報告したい。

※図や参考文献についてはスライドの PDF ファイルをご参照下さい。