D型小惑星模擬標的の衝突破壊実験

*塩本純平¹ , 中村昭子¹ , 長谷川直² ¹神戸大学大学院理学研究科 , ²JAXA 宇宙科学研究所

背景

太陽系内の D 型小惑星は小惑星帯の外側にあるヒルダ群やトロヤ群に存在する他、火星衛星 のフォボス、ダイモスも反射スペクトルは D 型小惑星に近いとされている。また、地球上に存 在する隕石として、反射スペクトルから D 型小惑星に近いとされているのがタギシュ・レイク 隕石である。この隕石は炭素質コンドライトの中でも化学組成や酸素同位体比は CM、CI コン ドライトと一致せず、既存の化学グループには属さない、特異かつ始原的で希少な隕石とされ ている。

これまで、いくつかのコンドライトについて、衝突破壊強度や衝突破片の再集積条件が研究 されている。例えば3つの普通コンドライト(OC)と1つの炭素質コンドライト(CV)の衝 突破壊強度 Q*はおよそ1400 J/kg であり、これは地球上の岩石の2倍近くである^{*1}。また、普 通コンドライトの母天体の模擬物を用いた実験から、普通コンドライトの母天体のカタストロ フィック破壊後の衝突破片は、半径が3kmより大きい天体であるとコンドリュールのサイズ によらずに再集積することが推定されている^{*2}。本研究ではこのタギシュ・レイク隕石のシミ ュラント^{*3}を標的とした衝突破壊実験を行い、D型小惑星の衝突破壊強度や衝突破片の再集積 条件を調べることを目的とした。

実験方法

試料は、東京大学にて、Mg に富んだフィロケイ酸塩(アスベストフリーの蛇紋岩)、Mg に富んだカンラン石、磁鉄鉱、Fe-Ca-Mg 炭酸塩、Fe-Ni 硫化物を粉砕したものを非常に 細かい粒子にして、タギシュ・レイク隕石のシミュラント(UTPS-TB)を作り、その後 炭素のナノ粒子と有機物のポリマーに混ぜ、作成したものを用いた。本研究で用いた試料 の密度、引張強度、圧縮強度は、それぞれ、測定の結果、1.38±0.05 g/cm³、0.231±0.095 MPa、1.21±0.39 MPa であった。また、シミュラントの内部組成がタギシュ・レイク隕 石と同じだと仮定したところ、空隙率は 48%であった。実験は JAXA 宇宙科学研究所の横 型二段式ガス銃を用いて、1/8 inch のナイロン球弾丸を衝突速度 4.1-5.3 km/s で試料に衝 突させる衝突実験を行った。

解析方法

- ① 衝突破壊強度 Q*…それぞれの試料の最大破片質量割合とエネルギー密度 Q を基に、 最大破片質量割合が 0.5 になるときのエネルギーの密度 Q を算出した。
- 破片速度 V_{c-g}…高速度カメラを用いて、標的の衝突面のコーナーから飛び出した破片の速度 V_cを測定した。その後、V_cと重心系の速度 V_g (=m_pV_i/(m_p+M_t))を用いて破片

結果

結果より最大破片質量割合 m1/Mt とエネルギー 密度 Q の関係を一つの経験式で書くと以下のよう になった。

 $\frac{m_1}{M_t} = 10^{3.05 \pm 1.44} \cdot Q^{-1.11 \pm 0.48}$

これより衝突破壊強度 Q*を求めると、 Q*= 1000 J/kg となった。これは OC や CV^{*1}と同 程度であることが図 1 から読み取れる。また、石 膏^{*4,5}と比べると壊れやすく、ガラス^{*6}と比べると 壊れにくいこともわかる。

また、破片速度 V_{cg}と最大破片質量割合 m1/Mt の関係は図2のようになった。破片速度をカタスト ロフィック破壊時、つまり m1/Mt=0.5 で比較する と、石膏^{*2}とほぼ同値で、普通コンドライトの模擬 物^{*2}よりおよそ 4-5 倍速いことがわかる。この結果 から、カタストロフィック破壊においてのタギシ ュ・レイクのシミュラントで構成された天体の再集 積のしやすさは、石膏のような空隙率の高い天体 (空隙率約50%)とほとんど同じであり、普通コンド ライトの模擬物で構成された天体(空隙率約35%) よりも再集積しにくいと考えられる。



参考文献

- 1 Flynn, G, J. and Durda, D, D. (2004), Planet. Space Sci., 52, 1129-1140.
- 2 Yasui, M. and Arakawa, M. (2011), Icarus, 214, 754-765.
- 3 D'Amore, M., et al. (2019), LPSC 50th, Abstract #2383.
- 4 Kawakami, S., et al. (1991), A & A, 241, 233-242.
- 5 Okamoto, C. and Arakawa, M. (2009), Meteorit. & Planet. Sci., 44, 1947-1954.
- 6 Gault, D.E, and Wedekind, J.A. (1969), JGR , 74, 6780-6794.