

ガラス焼結体を用いた微惑星の機械特性と熱伝導率の実験的研究、 およびクレーター形成実験

○櫻井哲志¹, 石崎拓也², 中村昭子¹

1 神戸大学大学院理学研究科, 2 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

背景

微惑星は、その熱進化時に、圧密と岩石化のプロセスを経験する。その過程の一つとして、焼結現象が考えられている[e.g. 1]。焼結は、微惑星を構成する粒子間でのネック形成、および微惑星内部の充填率の増加を引き起こす。したがって、微惑星の機械特性と熱伝導率は熱進化時に変化する。そこで、本研究では、ガラス粒子から構成される多孔質焼結体を作成し、その機械特性と熱伝導率の充填率依存性を実験的に調査した。また、多孔質ガラス焼結体を標的としたクレーター形成実験も実施した。

実験手法

本研究では、メジアン径が34 μm の不規則形状ガラス粒子(GP-34)と、メジアン径が55 μm の球形ガラス粒子(GB-55)から構成される多孔質焼結体を作成した。各粒子において、ふるいを用いて充填した試料(GP-34s, GB-55s)と、充填後にタッピングを行った試料(GP-34t, GB-55t)を準備した。それぞれの初期充填率は、 0.28 ± 0.01 (GP-34s), 0.38 ± 0.01 (GP-34t), 0.54 (GB-55s), 0.57 ± 0.01 (GB-55t)である。そして、これらを加熱し、充填率が ≥ 0.35 の焼結体を作成した。焼結体の充填率は、直方体に成形した後に体積と質量を測定することで算出した。

直方体にした焼結体を用いて次の実験を実施した。(i) パルス透過法により弾性波速度を測定した。(ii) ロックインサーモグラフィ周期加熱法[2, 3]によって熱拡散率を測定した。焼結体の熱伝導率は、熱拡散率の測定値から算出した。(iii) 三点曲げ法によって曲げ強度を測定した。(iv) 横型二段式軽ガス銃を用いてクレーター形成実験を実施した。弾丸には、直径300 μm のアルミニウム球を使用した。熱拡散率測定、およびクレーター形成実験には GP-34 焼結体のみを用いた。

結果

焼結体の縦波速度の充填率との関係を、普通コンドライト[4-7]と比較した。その結果、ガラス焼結体と普通コンドライトのデータが異なる分布することがわかった。我々は、弾性波速度に対する空隙率、および空隙の形状を考慮した Kuster & Toksöz (K-T)モデル[8, 9]から、この分布の差異が内部の空隙形状の違いに起因することを示した。焼結体の熱伝導率の充填率に対する傾向も、普通コンドライト[7]と比較した。この比較から、熱伝導率の充填率依存性も、焼結体と普通コンドライトで異なることがわかった。傾向の違いは、縦波速度と同様に、内部の空隙の形状に起因すると考えられる。曲げ強度の結果から、十分にネックが焼結体の曲げ強度が、充填率のべき乗に比例して増加する可能性を示した。得られたガラス焼結体のべき指数が、焼結人工雪[10]とシリカアグリゲイト[11]の引張強度と充填率の経験式のべき指数と同程度であることがわかった。クレーター形成実験からは、

弾丸と標的の構成粒子の直径比が 10:1 の場合でも、低充填率標的のクレーター効率が低くなることが確認できた。

謝辞

本研究の衝突実験は JAXA 宇宙科学研究所の超高速度衝突実験施設の実験装置を利用して行いました。

参考文献

- [1] Henke, S. et al., 2012, *A&A* 537, A45.
- [2] Ishizaki, T. and Nagano, H., 2019, *Infrared Phys. Technol.* 99, 248-256.
- [3] Ishizaki, T. et al., 2023, *Intl. J. Thermophys.* 44, 51.
- [4] Flynn, G. J., 2004, *Earth Moon Planets* 95, 361-374.
- [5] Macke, R. J., 2010, Ph. D. Thesis. University of Central Florida, Orlando, FL, 333 p.
- [6] Ostrowski, D. and Bryson, K., 2019, *P&SS*, 165, 148-178.
- [7] Yomogida, K., and Matsui, T., 1983, *J. Geophys. Res.* 88, B11.
- [8] Berryman, J.G., 1995, In: Ahrens, T.J. (Ed.), *Rock Physics and Phase Relations, A Handbook of Physical Constants*. AGU, Washington, D.C, pp. 205–228.
- [9] Kuster, G.T. and Toksöz, M.N., 1974, *Geophysics* 39, 587–606.
- [10] Shimaki, Y. and Arakawa, M., 2021, *Icarus* 369, 114646.
- [11] Kreuzig, C. et al., 2024, *A&A* 688, A177.