

含水小惑星模擬表層に対するクレーター形成実験：加熱の影響

神取 知広¹、山口 祐香理¹、中村 昭子¹、北里 宏平²

(1. 神戸大学、2. 会津大学)

研究背景

小惑星は自転または公転に伴う周期的な温度変化にさらされており、含水小惑星では熱応力や脱水による表面強度の変化が予想される^[1]。小惑星フェートンはFまたはBタイプの含水小惑星であり、近日点通過時には200K以下～1000Kに達する極端な表面温度の変化を経験すると考えられ、今後DESTINY+によるフライバイ観測が計画されている^[2]。本研究では、近地球含水小惑星上の岩石を模擬したブロックを加熱し、その強度などが変化したブロック表層に形成されるクレーター形態と加熱温度の関係を調べた。

実験方法

(1) 加熱実験

石膏・砂・水を10:10:7で混合した砂混合石膏試料、砂を除いた石膏試料、パイロフィライト試料を用いた。砂混合石膏試料および石膏試料は200°C～270°Cで10分～20時間、パイロフィライト試料は300°C～700°Cで3時間～20時間加熱した。縦波速度をパルス透過法により、引張強度を圧裂引張試験により測定し、その変化を評価した。

(2) 衝突実験

加熱温度を変化させた砂混合石膏試料およびパイロフィライト試料を用いた。加熱温度は、砂混合石膏試料では0°C、230°C、250°C、270°C、パイロフィライト試料では0°C、300°C、500°C、700°Cとした。衝突実験は、JAXA宇宙科学研究所にある二段式軽ガス銃を使用し、直径100 μmのガラス球を約5 km/sで散弾衝突させた。形成されたクレーターについて、スポール直径をクレーター直径と定義し、光学顕微鏡およびレーザープロファイラーを用いて直径と深さを測定した。

結果

(1) 加熱実験

砂混合石膏試料と石膏試料では、加熱温度および加熱時間の増加に伴い、縦波速度および引張強度が低下した。これは、試料内部に亀裂が形成されたことを示唆する。例えば、270 °Cで20時間加熱した砂混合石膏試料では、縦波速度が0.7倍程度まで低下し、30分間加熱した場合でも0.9倍まで低下した。また、砂を含む試料(砂混合石膏試料)と含ま

ない試料(石膏試料)を比較すると、石膏試料の方が加熱後の縦波速度と強度の低下が顕著であった。このことから、砂混合石膏試料では、砂ではなく石膏部分で弱化が進行したと考えられる。一方で、パイロフィライト試料にでは、加熱温度の上昇に伴い縦波速度は低下したが、引張強度は加熱後に増加し、石膏試料とは異なる挙動を示した。

(2) 衝突実験

砂混合石膏試料では、クレーター深さは加熱温度によらず大きな変化は見られなかったが、クレーター直径は加熱温度の上昇に伴い増加した。一方、パイロフィライト試料では、深さに顕著な変化は見られないものの、直径は加熱温度の上昇に伴い現象した。このことから、砂混合石膏試料では加熱による弱化により、水平方向に破碎が伝わりやすくなり、パイロフィライト試料では強度が大きくなることで破碎が伝わりにくくなつたと考えられる。

まとめ

本研究において、含水小惑星表面模擬物質は加熱により縦波速度や引張強度が変化し、その影響がクレーター形態に反映されることが示された。加熱により、石膏試料では弱化が生じ、パイロフィライト試料では強化が生じることがわかった。今後は、隕石に含まれる蛇紋石を含む蛇紋岩でも同様の実験を行う。

謝辞

本研究は、JAXA 宇宙科学研究所の超高速度衝突実験施設の共同利用実験により行いました。

参考文献

- [1] Patzek, M. and Ruesch, O. 2022. Experimentally induced thermal fatigue on lunar and eucrite meteorites—Influence of the mineralogy on rock breakdown. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127, e2022JE007306.
- [2] MacLennan, E. & Granvik, M. 2024. Thermal decomposition as the activity driver of near-Earth asteroid (3200) Phaethon. *Nature Astronomy*, 60, 68.