

湿った砂におけるクレーター形成に伴う周辺大気の温度変化

豊嶋遥名¹, 荒川政彦¹, 保井みなみ¹, 笹井遥¹

¹神戸大学大学院理学研究科

はじめに 火星は過去に液体の水を表面に保持した天体として注目されているが、現在でも斜面もしくはクレーター壁面において、地下の水が溶けて染み出したような季節性の黒い筋模様 (RSL) が観測されている^[2]。このような季節変化をはじめとする表層付近の温度上昇を伴うイベントは、水の三重点近傍環境下の火星表層において一時的な液体の水の存在可能性を左右する。小惑星衝突は、火星において普遍的に発生し表層付近の温度上昇に寄与するイベントの一つである。本研究では、水を含む表面におけるクレーター形成に伴う表面・地下の温度上昇、および周辺大気の温度上昇を定量的に調べるため、湿った砂標的に対するクレーター形成実験を行った。

手法 衝突装置には神戸大学の横型二段式軽ガス銃を用いて、直径 4.7mm のポリカ球を 2km/s で衝突させた。標的には粒径 500 μm の石英砂と水を様々な割合 (0-13wt.%) で混合した試料を用い、標的含水率に対する温度変化の依存性を評価した。温度観測については、衝突実験の様子を赤外線カメラ (350fps) で撮影し、標的内部に熱電対を設置して標的内部及び表面の温度計測を行った。さらに、衝突点直上に表面から

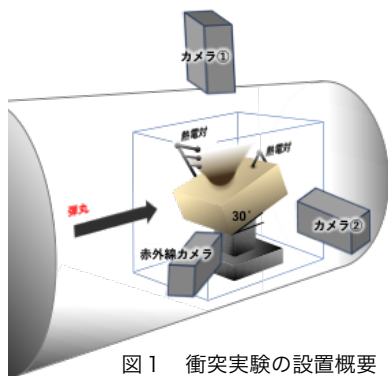


図1 衝突実験の設置概要

の高さが異なる 5 つの熱電対を設置し (1cm, 5cm, 10cm, 15cm, 20cm)、標的周辺の大気の高さにおける温度を観測した。また、衝突実験の様子は 2 台の高速ビデオカメラ (10 万 fps) を用いて観測した。

結果 衝突直後、200°C を超える高温のエジェクタが弾丸運動方向に放出され、衝突から約 0.2 秒後には標的表面に堆積した。このエジェクタの表面温度は、水を含まない砂標的の場合は衝突から 0.4 秒経過後には 100°C を下回るが、含水率 12wt.% の標的の場合、衝突から約 1.5 秒経過しても 100°C 以上を保っていることがわかった。また、エジェクタが堆積するまでの間は、周辺大気の温度上昇が続いた。一方で、高温のエジェクタが放出された弾丸運動方向以外では、10°C を下回る低温のエジェクタが放出された。このエジェクタの最低温度は、含水率の増加に伴って低くなり (0wt.% で 13°C, 12wt.% で -5°C)、周辺大気が経験する最高温度も含水率の増加とともに低くなった (表面高さ 5cm の計測点において 0wt.% で +11.3K, 12wt.% で +0.6K)。これらのことから、大気中に放出される高温のエジェクタと低温のエジェクタがクレーター周辺大気の熱源および冷却源となっている可能性があり、これらのエジェクタの相互作用によって周辺大気の温度が変化している可能性がある。今後、エジェクタ温度の時間空間分布の解析により、エジェクタが大気へ供給する熱量が含水率によってどう変化するか定量的に見積もる必要がある。

[1]小玉貴則. 天文月報 114.10 (2021), 638-647.

[2]L. Ojha, et al. Icarus 231 (2014), 365-376.

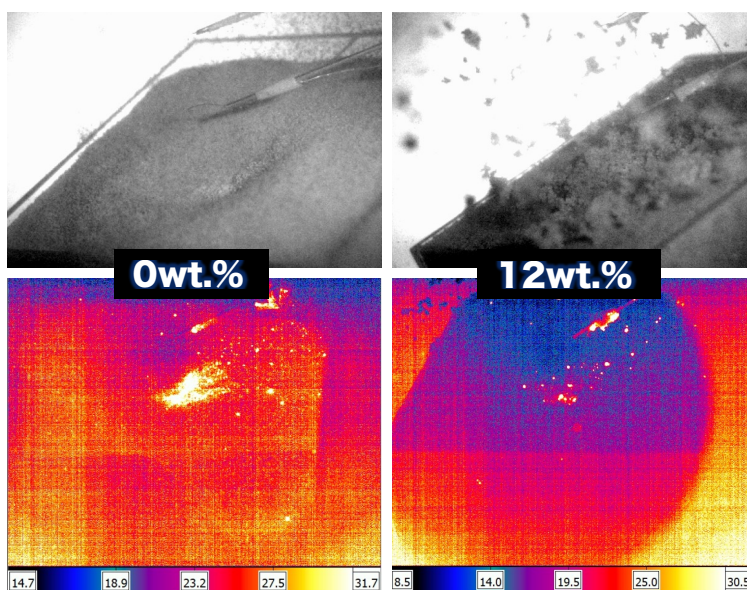


図2 衝突実験の可視/赤外光観測

衝突後~120msでの高速ビデオカメラ及び赤外線カメラのスナップショット。カラーバーは温度°C。上限の目盛以上の温度は全て白色で表示されている。

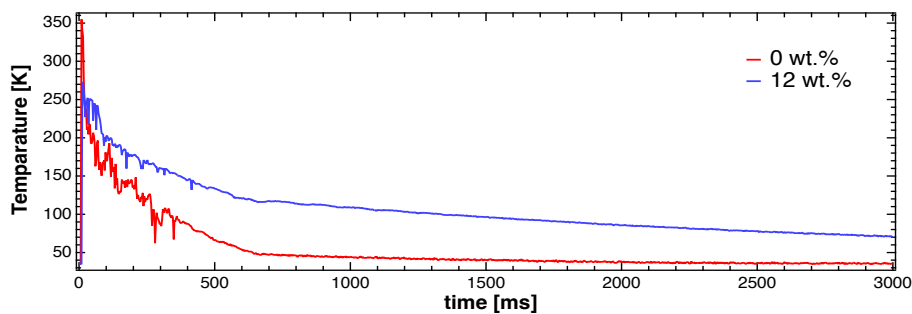


図3 エジェクタの表面温度変化

各含水率標的から放出されたエジェクタ表面温度の時間変化。

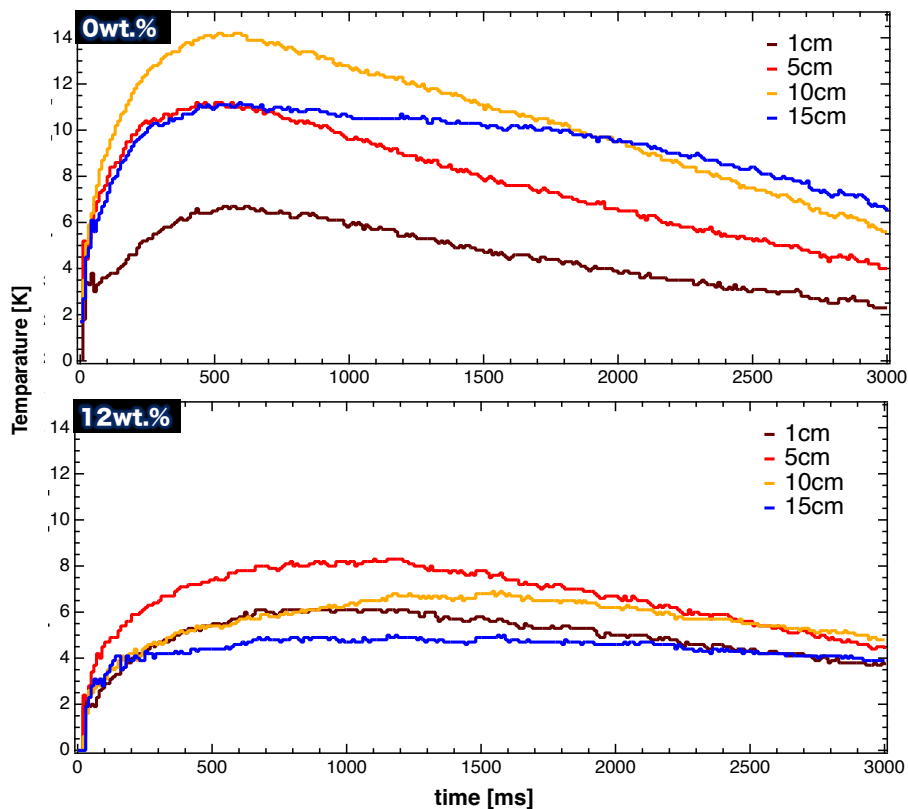


図4 周辺大気温度変化

各含水率標的を用いたときの、様々な計測高さにおける周辺大気温度変化。