

多孔質天体の衝突加熱に対する空隙率の効果

Effects of porosity on the impact heating of highly porous bodies

村澤 佳奈 [1]; # 荒川 政彦 [2]

Kana Murazawa[1]; # Masahiko Arakawa[2]

[1] 名大・環境・地球環境; [2] 名大・環境

[1] Earth and Environmental Sci., Nagoya Univ; [2] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.

<http://epp.eps.nagoya-u.ac.jp/~arak>

はじめに：彗星、小惑星表面には天体衝突の証拠であるクレーターが普遍的に観測されており、また最近の惑星探査によれば、天体内部の空隙率が50%を超える小天体が存在することが分かってきた。この様に空隙率が高い微惑星のような天体上で衝突が起こると、衝突エネルギーが効率良く熱エネルギーへと変換されるので、彗星、隕石母天体、微惑星の熱源として、衝突加熱の寄与が重要となる可能性が高い。特に衝突クレーター周囲を長期間にわたって加熱する可能性がある衝突残留熱は、熱進化に重要であると考えられる。そこで高空隙率天体上における衝突加熱による熱進化を明らかにするため、その最も重要な物理パラメータであるクレーター形成に伴う衝突残留温度の実測を試みた。

実験方法：高空隙率天体の模擬試料としてアモルファスシリカ微粒子(0.5 μm)を圧密して空隙率を40~80%に調整したものを用いた。衝撃残留温度の計測は、この高空隙率シリカ試料(直径30mm、厚さ3~10mm)をアルミ基板上に設置し、シリカ弾丸、もしくは氷弾丸によりそのシリカ試料を衝撃圧縮して行った。シリカ弾丸の空隙率は40~60%で、その衝突速度は120m/s以下、氷弾丸の衝突速度は140-430m/sであった。弾丸がシリカ試料に衝突した時の温度上昇は、放射温度を測定可能な赤外線ビデオカメラで撮影した。衝突実験は名大に設置された小型一段式ガス銃と北大・低温研の低温室(-10℃)に設置された一段式ガス銃を用いて行った。

実験結果：衝撃圧縮による温度上昇は衝突直後が最大値で、その後、熱伝導により徐々に冷却していく。そこで各衝撃圧縮実験での最大値を衝撃残留温度として定義した。今回計測された最大値は30K程度であった。この衝撃残留温度と弾丸の衝突速度には、べき乗の関係($T = aV_i^b$)があることがわかった。係数aはシリカ試料の空隙率より大きく変化するが、係数bは1とほぼ一定である。一定衝突速度における衝撃残留温度の空隙率依存性を調べたところ、空隙率40~70%までは空隙率の増加とともに温度が増加した。しかしながら空隙率80%では急激な温度低下が見られた。異なる弾丸では、同じ衝突速度でも発生圧力が大きく異なる。そこで、その影響を考慮するため、異なる弾丸のデータを初期発生圧力と衝撃残留温度で整理した。その結果、初期発生圧力と衝撃残留温度は、べき乗の関係($T = cP_i^d$)で表すことができた。係数dは空隙率に関係なくほぼ一定の値1をとるが、cは空隙率とともに大きく変化する。

この実験結果を多孔質天体上での衝突加熱に応用するため、シリカのユゴニオを用いて様々な空隙率を持つ天体における衝突残留温度を推測した。その結果、CO氷やN₂氷などの揮発性物質が蒸発するには、空隙率に関係なく700m/s程度の衝突速度が必要であることがわかった。一方、アモルファスH₂O氷の結晶化や蒸発には1~3km/sの衝突速度が必要であり、その速度は空隙率に依存することがわかった。