

雪面上に形成される高速度衝突クレーターと衝突溶融

High-velocity impact crater made on snow and the impact melting

荒川 政彦 [1]

Masahiko Arakawa[1]

[1] 名大・環境

[1] Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ.

はじめに:

太陽系の外惑星領域に存在する氷衛星は、その表層が氷で覆われていることが知られている。惑星探査機の観測によれば、それらの表面の共通点として小天体衝突によりできたクレーター地形の存在があげられる。この氷衛星表面に作られたクレーター地形の形成条件を明らかにするために、これまで多くの氷クレーター形成実験が行われてきた。一方、最近では氷衛星だけでなく彗星の表面地形が詳しく撮像されるようになり、これまででない特徴を持つクレーターが発見されてきている。彗星は、高い空隙率を持つ大きさ数 km の小天体であり、この表層は例えば雪のようなものであると言われている。そこで、彗星表面にできる衝突クレーターの研究には模擬物質として雪が最も適切である。一方、雪のような高空隙率物質は、彗星のみならず、惑星進化の初期において氷微惑星と呼ばれる小天体をも形作っていたと考えられている。このような空隙を持つ天体は、天体が衝突する時に効率的に加熱され、容易に衝突溶融を起こしたと考えられる。特に氷微惑星では、構成物質の融点が高いことから、さらに衝突溶融は容易に起きたはずである。最近行われた氷ユゴニオの再決定から、 -10 の氷が 0.6GPa で融け始め、 2.5GPa で完全溶融するという報告がなされている。これは、氷同士の衝突においては 700m/s と 2km/s に相当している。雪の場合は、さらに低速度で溶融が起きるはずである。そこで、本研究では、雪への衝突クレーター形成実験を行い、雪の空隙率とクレーター形状の関係を調べることにした。また、それぞれの実験で衝突溶融の証拠がないか観察した。

実験方法: 衝突実験は、北大・低温研の大型低温室 (室温 -10 °C) に設置された二段式軽ガス銃を用いて行った。弾丸にはナイロン (質量 8mg) を用い、速度 $2.3 \sim 3.3\text{km/s}$ で雪試料に衝突させた。ターゲットの雪試料は、空隙率 80% と 50% の2種類を準備し、その形状は円筒形で、直径、高さともに約 10cm であった。衝突の様子はイメージコンバーターカメラで観測し、実験後の試料は回収しクレーターの観察を行った。

実験結果: 衝突により放出されるイジェクタの最大速度を調べたところ、空隙率 80% の場合も 50% の場合も、衝突速度の約 20% であることがわかった。 50% を超える高空隙の場合、空隙率に関係なくイジェクタの最大速度が決まっているように見える。また、今回の実験では最大 300J/kg 程度のエネルギー密度を 80% 空隙率の試料に与えているが、その結果、試料が破壊されることはなかった。これまでの実験から 55% 空隙率の雪では 100J/kg 程度で破壊が始めることがわかっている。雪の衝突破壊強度は空隙率の増加とともに大きくなるのが、空隙率 55% までは実験的に確認されているが、この傾向が 80% まで広がることが確認された。回収された試料からクレーターの形態を解析したところ、 80% 空隙率試料では、上部を削られた球の形状を示すクレーターが観測された。球の中心は、弾丸径の 8 倍くらい表面から試料中に潜りこんでいる。一方、 50% 空隙率試料のクレーターは、スポール破壊によると思われるリング状の外縁部を持ち、その中に球形を示すクレーターが観察された。球の中心は弾丸径の 5 倍くらい試料中に潜り込んでいる。この空隙率の試料にのみ、クレーターの底面および側面に氷が融解して再凍結してできたと思われる薄い層が確認された。再凍結層の外部には氷粒子が破碎し、圧密された層が確認された。このことから、衝突速度 2.7km/s (衝突点圧力 $\sim 3.9\text{GPa}$) 以上では、空隙率 50% の試料においてはクレーター形成時に十分な量の氷が衝突溶融を起こすことがわかった。