

焼結した雪球同士の衝突貫入と付着に関する実験的研究 Experimental study on penetration and sticking of snow projectiles on sintered snowball

嶋生 有理^{1*}, 荒川 政彦²

Yu-ri Shimaki^{1*}, Masahiko Arakawa²

¹名古屋大学 大学院環境学研究科, ²神戸大学 大学院理学研究科

¹Grad. School Env. Studies, Nagoya Univ., ²Grad. School Sci. Studies, Kobe Univ.

【はじめに】 氷ダストアグリゲイトの付着成長によって形成された初期氷微惑星は90%以上の空隙率を持つ可能性が示唆されている [e.g., 1,2]。高い空隙率を持つ氷微惑星は自己重力が非常に小さいため、相互衝突によって破壊した破片の再集積が起こりにくい。一方、高い空隙率を持つ天体は衝突時に圧密などによって衝突エネルギーが散逸するため、衝突合体しやすくなる。衝突する2天体のサイズが大きく異なる場合、一方が他方に貫入するためさらに合体が起こりやすくなる [3]。そのため、初期の氷微惑星は衝突合体によって成長したと考えられる。そこで本研究では、異なるサイズを持つ氷微惑星同士の衝突によって付着合体と破壊の条件が空隙率にどのように依存するかを調べた。

【方法】 実験は北大低温研の大型低温室内(室温-15°C)で行った。雪試料は液体窒素中に微細な水を噴霧して凍結させた数10 μmの氷微粒子を用いて作成した。この氷微粒子を体積一定の鋳型に入れ、最大1MPaの荷重をかけて作成し、プラスチック袋に入れて-15°Cで焼結させた。作成した雪試料は、直径60mm、空隙率40-70%(質量62.4-31.1g)、焼結時間1時間-1ヶ月とした雪玉である。弾丸には空隙率30%、直径10mmの雪円柱(質量0.35g)を用いた。弾丸の加速には自由落下(衝突速度2-3m/s)、バネ銃(10-20m/s)、Heガス銃(30-200m/s)を用い、正面衝突させた。衝突の様子は高速度デジタルビデオカメラを用い、撮影速度1,000-5,000 fps、露出時間20 μsで撮影した。衝突後、回収された破片の質量分布を測定し、衝突映像から破片速度分布を調べた。また、貫入付着が起きた試料のクレーター孔のプロファイルをレーザー変位計で測定した。

【結果】 初期標的質量で規格化した最大破片質量 ml/Mt と反対点速度 Va から衝突様式の分類を行った。衝突様式はそれぞれ弾丸反発 (ml/Mt<1)、弾丸付着合体 (ml/Mt>1)、クレータリング (1>ml/Mt>0.5)、カタストロフィック破壊 (ml/Mt<0.5)、弾丸貫通破壊 (ml/Mt<0.5 かつ Va>>Vg) である。その結果、付着合体は空隙率60%以上で起こり、その速度は空隙率60%で40-90m/s、空隙率70%で15-70m/sであることがわかった。次に、貫入付着した標的から貫入深さを測定した。その結果、貫入深さは衝突速度にほぼ比例し、同じ衝突速度ならば空隙率70%は空隙率60%のときより5倍深く貫入することがわかった。また、ml/Mt<0.5となる貫入深さは、空隙率60%では標的直径の約1/6、空隙率70%では1/2となることがわかった。

[1] Wurm and Blum (1998), Icarus 132, 125-136. [2] Wada et al. (2009) APJ 702, 1490-1501. [3] 和田ら (2010) 天体の衝突物理の解明 (VI)

キーワード: 衝突実験, 氷微惑星, 空隙率, 付着合体, 貫入

Keywords: impact experiment, icy planetesimal, porosity, sticking, penetration