

焼結した多孔質氷球の等質量衝突に関する実験的研究：衝突付着の空隙率依存性 Experimental study on equal-sized collision of sintered porous ice spheres: Porosity dependence of collisional sticking

鳶生 有理^{1*}, 荒川 政彦²

SHIMAKI, Yuri^{1*}, ARAKAWA, Masahiko²

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

¹Environmental Studies, Nagoya University, ²Graduate School of Science, Kobe University

原始惑星系円盤円盤での微惑星形成はダストアグリゲイトの衝突過程を経たと考えられているが、その詳細は未だ明らかになっていない。原始惑星系円盤のダスト同士の衝突速度は数 10m/s にも達する。近年の室内・数値実験から、原始惑星系円盤でのシリケートダストの付着成長は「反発の壁」に阻まれ、数 cm 以上への成長は困難であることがわかってきた [1]。一方、氷ダストアグリゲイト同士の衝突では衝突速度 50m/s までの成長が数値実験から示唆されたが [2]、氷ダストでは粒子サイズや焼結による構造変化などを考慮する必要がある [3]。そこで本研究では、空隙率 40-80% の焼結した直径 30mm の多孔質氷球同士の低速度衝突実験を行い、反発係数と衝突変形量の空隙率依存性を調べた。

実験は北大低温研の大型低温室内（室温-10℃）で行った。試料は直径 30mm、空隙率 40-80%（質量 7.57-2.54g）の焼結した多孔質氷球を用いた。試料は液体窒素中に微細な水を噴霧して凍結させた $\sim 28\mu\text{m}$ の氷微粒子を用い、これを体積一定の球形鋳型に入れて成形した。標的と弾丸を区別するため、標的は赤インクを添加した氷微粒子を用いて作成した。焼結時間は 15 分もしくは 1-2 日とした。2 段階落下装置を用いて同空隙率の試料同士を自由落下中に相対速度 0.43-4.12m/s でほぼ正面衝突させ、エアバッグを用いて試料を回収した。衝突の様子は 2 台の高速度ビデオカメラを用いて撮影し、衝突・反発速度 (V_i, V_r) とインパクトパラメータを測定し、反発係数 ($e=V_r/V_i$) を求めた。衝突後、回収された試料の質量と衝突痕面積を測定した。

衝突実験の結果、反発と付着合体が観察された。反発係数はインパクトパラメータと衝突速度には依存せず、空隙率 (P) に強く依存し、空隙率 70% でほぼ 0 になることがわかった。この結果と氷の反発係数の結果 [4] から、氷の反発係数と空隙率に関する以下の経験式を得た；

$$e=11.3(1-P)^{-0.9\log(1-P)}.$$

衝突痕面積は衝突速度と空隙率の増加とともに増加した。推定された衝突変形体積と衝突エネルギーをベキ乗則でフィットしたところ、ベキは 0.81-1.34 となり、ほぼ比例することがわかった。衝突エネルギーが反発後の運動エネルギーと体積変形に分配されると仮定して試料の動的圧縮強度を推定したところ、静的圧縮強度の 2-4 倍となることがわかった。

[1] Blum 2010, Res. Astron. Astrophys. 10 1199. [2] Wada et al. 2009, Apj 702 1490. [3] Sirono 1999, A&A 347 720. [4] Higa et al. 1996, Icarus 44 917.

キーワード: 氷, ダストアグリゲイト, 衝突, 反発係数, 惑星形成

Keywords: Ice, dustaggregate, impact, restitution coefficient, planetary formation