

始原的隕石母天体を模擬した衝突破壊に関する実験的研究

○堀川和洋，荒川政彦，保井みなみ，杉村瞭

神戸大学大学院理学研究科

1. 背景

衝突破壊現象は太陽系天体の形成、進化を支配する最も重要な物理現象の一つであり、その物理現象を理解することは非常に大切である。太陽系の天体は長い年月をかけて衝突や合体を繰り返しより大きな原始惑星に成長していく。ところが、成長しきれず微惑星のまま現在まで残っているものもある。小惑星や彗星のかけらがそれにあたり、その母天体を始原的隕石母天体とする。始原的隕石母天体は、いわば原始太陽系円盤に存在した塵やダストのかたまりであり、当時の太陽系の情報が残っている。そのような天体は多孔質であり幅広い強度をもつ可能性があると考えられる。本研究では、高空隙で強度が小さい試料に着目した(図1)。そこで本研究では、引っ張り強度が小さい始原的隕石母天体模擬物質を作成し、また引っ張り強度を連続的に変化させて実験を行いその衝突破壊条件を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

衝突実験は神戸大学にある二段式軽ガス銃を使用し、弾丸は直径4.7mm, 2.0mmのポリカーボネイト球を使用した。衝突速度は約1~6 km/sの範囲で変化させ、全て正面衝突させた。標的として用いた模擬物質は石英砂と多孔質石膏を混合質量比 f:1 (f=2,4,8,20)の割合で混合したものを使用した。60mmの球形のなるように作成し、その引っ張り強度(Y_t)を9kPa~800kPaで変化させ、また標的のバルク音速(C_t)を200m/s~1200m/sで変化させた。衝突破壊の様子は高速度カメラを用いて観察した。

3. 結果と考察

衝突実験後の標的の最大破片質量が元の標的の質量の半分になるエネルギー密度を衝突破壊強度という。本研究において、衝突破壊強度は多孔質石膏の割合が増えるにつれ92J/kg~1900J/kgと変化した(図2)。このことから衝突破壊強度は引っ張り強度に比例することがわかった(図3)。反対点速度(V_a)は標的の引っ張り強度に関係なく似た結果となった。反対点圧力を標的の引っ張り強度で割ったものを無次元衝突応力(P_I)という。式で表すと、 $P_I = (\rho_t C_t V_a / 2) / Y_t$ である(ρ_t : 標的バルク密度)。無次元衝突応力は異なる引っ張り強度をもつ標的をうまく整理できるスケーリング則である。カタストロフィック破壊に関するスケール則を議論するために最大破片質量と無次元衝突応力の関係を調べた。その結果、無次元衝突応力は最大破片質量を狭い範囲にスケールできたが、試料の混合

比が $f=2,4$ と $f=8,20$ で二分化するような結果となった(図4)。標的の物性を見直しさらなる改良が必要である。しかし、本研究から、無次元衝突応力は強度が小さくて脆い物質で構成される小惑星などに应用できると考えている。

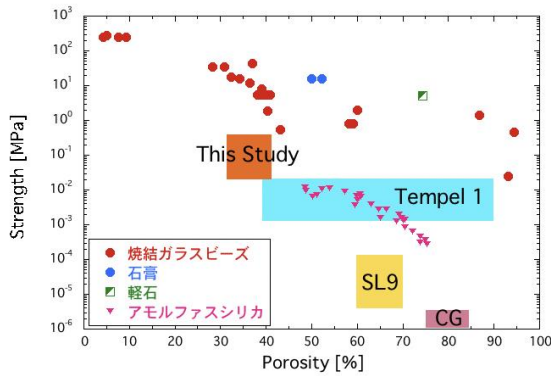


図1,空隙率と引張強度の関係

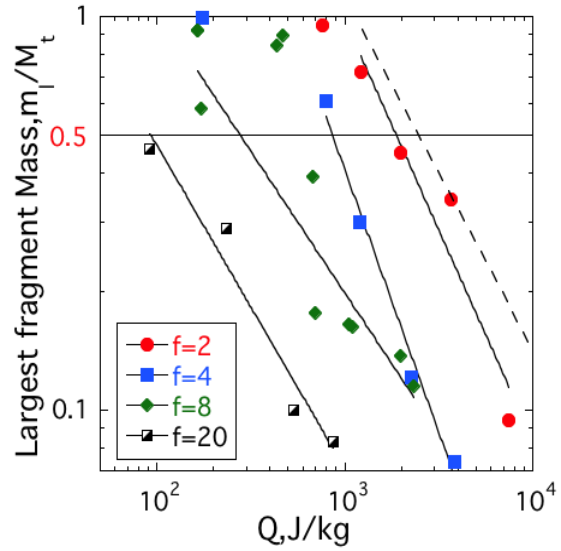


図2,最大破片質量とエネルギー密度の関係

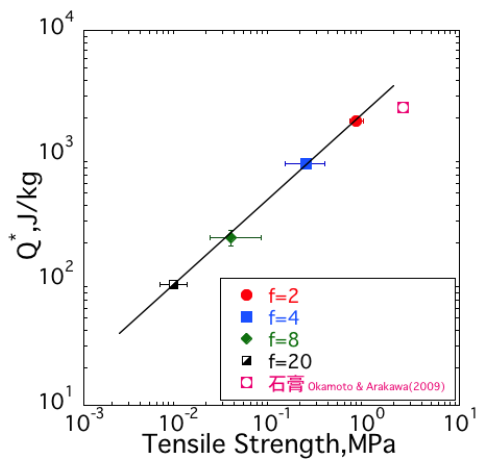


図3,引張強度と衝突破壊強度の関係

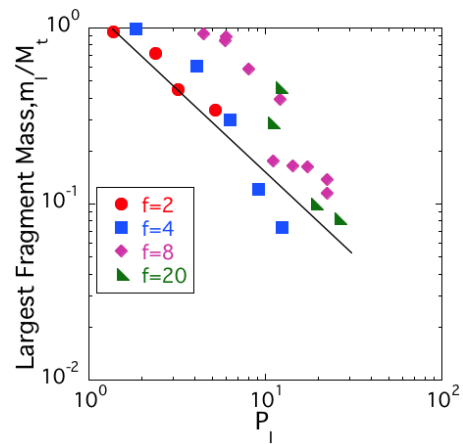


図4,無次元衝突応力