

超高速衝突で生成する液滴に関する実験的研究

大野宗祐 (千葉工大)、門野敏彦 (産業医大)、黒澤耕介、荒井朋子、松井孝典 (千葉工大)、境家達弘、重森啓介、弘中陽一郎 (大阪大)、杉田精司 (東京大)

研究の目的

蒸発が起こるような非常に拘束の天体衝突の際には、岩石の液滴が生成する。チチュルブのような大規模な衝突が起こると、K/Pg 境界層のような全地球的なスフェリユール層として地質記録としても残る[e.g., Smit, 1999]。

このような衝突で生成する液滴は、K/Pg 事件など衝突が引き起こす環境変動で重要な役割を果たしたと考えられている (例えば塵による日射遮蔽[e.g., Alvarez et al., 1980]、小さい粒子の洗い流し[Ohno et al., 2014a]、蒸気雲内の化学反応への寄与[Agrinier et al., 2001]、海洋や淡水の中和反応[Maruoka and Koeberl, 2004]など)。近年では残存するスフェリユールから天体衝突の条件が推定されたり e.g., Johnson et al., 2012]、太陽系外の巨大衝突の観測に応用されているほか[Meng et al., 2014]、隕石中のコンドリュールの起源との関連が示唆される等[Johnson et al., 2015]、地球惑星科学の幅広い分野での重要性が認識されつつある。

しかしながら、天体衝突に伴う液滴生成のメカニズム、物理化学過程に関してはあまり研究が進んでいない。衝突で生成する液滴のサイズ分布については、Johnson and Melosh [2014]が理論モデルを立てているものの、対応する室内実験は行われておらず実証されていない。コンドリュール生成過程と関連し気流中での液滴の破碎実験は行われているが[Kadono and Arakawa 2009]、室内実験で実際の衝突で液滴を作り回収・分析した例はない。そこで本研究では、実際の衝突実験で生成した液滴を回収・分析することで、天体衝突に伴う液滴生成のメカニズム、物理化学過程を理解することを目的とし、実験を行った。

実験手法

大阪大学レーザー研の激光 XII 号を用い、タンタル薄板を飛翔体として粉末圧縮ペレット標的へ衝突させた。生成した液滴は、標的後方に設置したスライドガラス回収板上に回収し、SEM を用いて観察し、元素組成の測定も行った。標的物質としては (CaCO₃ + MgSO₄) 粉末圧縮ペレットを用いた。

実験結果

添付図のように、衝突で生成した液滴の回収に成功した。サイズ分布は指数関数分布ではないことが示唆され、Kadono and Arakawa [2009]の単純な液滴は際のサイズ分布とは違う可能性がある。また、ほとんどの液滴は MgO と CaO (+CO₂) が主成分で S は少ない

ことがわかった。これは、硫酸塩中の S の大部分はガス(SO_3)として放出されたということ
を意味し、K/Pg 生物大量絶滅において硫酸酸性雨・海洋酸性化が大きな役割を果たしたと
いう先行研究[Ohno et al., 2014a]を支持するものである。一方、量は少ないものの硫酸カ
ルシウム組成の液滴も観測された。これは炭酸カルシウム由来のカルシウムと硫酸マグネ
シウム由来の硫黄酸化物の反応が起こったと言うことを示唆しており、衝突蒸気雲内の気
相固相反応の証拠である。

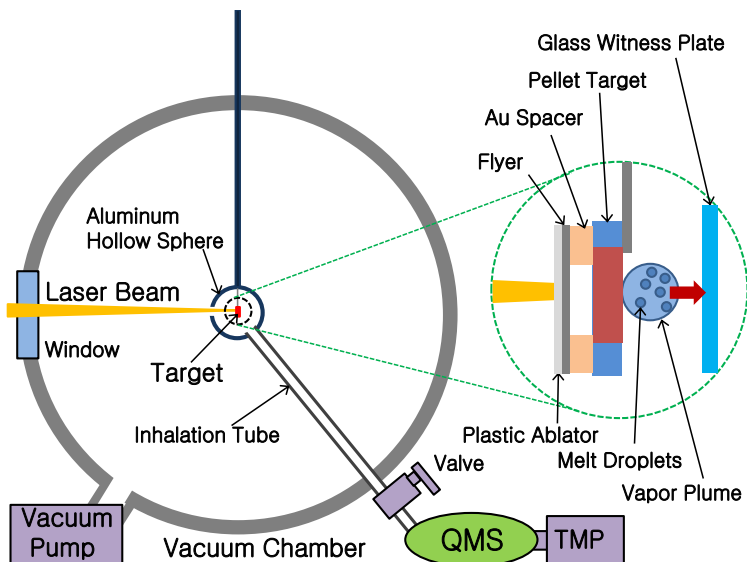


図1 実験コンフィギュレーション

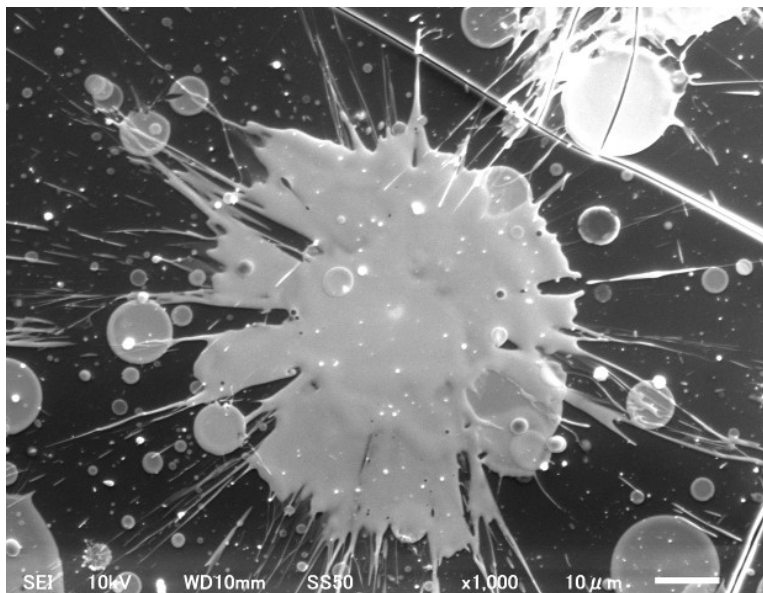


図2 SEM 画像の一例