

炭素質隕石の衝突蒸発とそれによる環境変動

大野宗祐(千葉工大), 門野敏彦(大阪大), 黒澤耕介(JAXA), 境家達弘, 藪田ひかる, 重森啓介, 弘中陽一郎(大阪大), 羽村太雅, 杉田精司(東京大), 荒井朋子, 松井孝典(千葉工大)

今から 6550 万年前の白亜紀末の生物大量絶滅 (K/Pg 事件) の引き金は、メキシコ・ユカタン半島のチチュルブクレーターを形成した天体衝突によって引かれた [Alvarez et al., 1980, Schulte et al., 2010]。衝突の際には大量の硫黄酸化物が放出されたと考えられており、それにより引き起こされる酸性雨や日射遮蔽などの環境変動は、生物大量絶滅の原因として有力視されている [Sigurdsson et al., 1991 など]。

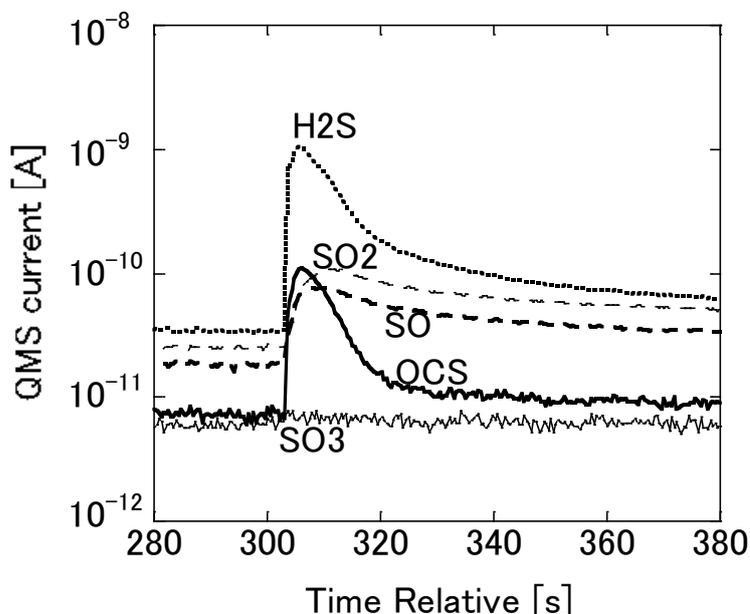
引き起こされる環境変動のメカニズムは、放出される硫黄酸化物の化学組成に強く依存する [Ohno et al., 2004]。これまで有力視されてきたのは、放出される硫黄酸化物が主に二酸化硫黄であった場合に起こる、数年間に及ぶ日射遮蔽・寒冷化である [Pierazzo et al., 2003 など]。ところが、放出される硫黄酸化物の過半を占める硫酸塩岩由来の衝突蒸気中では三酸化硫黄が支配的であることが、近年の実験的研究により示された [Ohno et al., 2011]。三酸化硫黄が放出された場合、日射遮蔽・寒冷化は起こらない代わりに、全地球的に非常に濃い酸性雨が降り、急激な海洋酸性化が起こる [Ohno et al., 2006]。

ここで重要となるのが、衝突天体からの硫黄化合物ガスの放出である。K/Pg 衝突の衝突天体の化学組成についてはまだ結論は出ていないものの、硫黄を多く含む炭素質隕石と似た組成であれば地球化学的証拠をよく説明できるという提案がなされている [KYTE, 1998 など]。その場合、K/Pg 衝突で大気中にガスとして放出される硫黄の量は、衝突地点に豊富にあった硫酸塩岩からの寄与が最も多いものの、衝突天体由来の硫黄も無視できない量である [Pierazzo et al., 2003 など]。炭素質隕石組成の衝突蒸気は、硫酸塩岩組成の衝突蒸気よりも還元的な化学組成であるため、硫酸塩岩組成の衝突蒸気には含まれない還元的な硫黄化合物ガス (二酸化硫黄、硫化水素等) を多く含む可能性がある [Hashimoto et al., 2007, Schaefer and Fegley, 2010]。還元的な硫黄化合物ガスが大量に放出されると、硫酸エアロゾルによる日射遮蔽・寒冷化の原因となり得る。そのため、炭素質隕石組成の衝突蒸気の化学組成を知ることは、衝突後の環境変動を理解する上で非常に重要である。

これまで、衝突蒸気雲の化学に関する研究は、主に実験的な困難により発展が阻まれてきた。ところが近年、大阪大学レーザーエネルギー学研究所の超高出力パルスレーザー激光 XII 号を用いた、これまで未確立であった宇宙速度への飛行体加速と衝突蒸気の化学組成分析技術が開発された [Ohno et al., 2011, Kadono et al., 2011]。そこで本研究では、炭素質隕石標的への衝突蒸発実験を行い、衝突蒸気中の硫黄化合物ガスの組成を実験的に測定し、K/Pg 衝突で衝突天体から放出された硫黄化合物の化学組成の推定を目指した。

実験手法はほぼ先行研究[Ohno et al., 2011]を踏襲して行った。阪大レーザー研の激光 XII 号を用い、厚さ 30 ミクロンのタンタル平板を加速させた。標的の炭素質隕石としては、揮発性成分の含有量が多く、ガス直接測定を行いやすいマーチソン隕石を用いた。発生させた衝突蒸気ガスの化学組成分析は四重極質量分析計 (QMS) を用い、含有される SO_3 、 SO_2 、 OCS 、 H_2S 、 SO の量比を測定した。

その結果、マーチソン隕石由来の H_2S 、 SO_2 、 SO 、 OCS を検出することに成功した。ガス分析の結果の一例を以下に示す。ショット数が限られているという問題はあるものの、 H_2S が最も多く、次いで SO_2 と OCS が多く生成した。一方、硫酸塩岩組成の衝突蒸気の主成分である SO_3 は検出されなかった。すなわち、今回得られた結果は、超高速衝突によって炭素質隕石から放出される硫黄成分は、ほぼすべてが SO_3 以外の硫黄化合物になることを示唆するものである。 SO_3 以外の比較的還元的な硫黄化合物ガスは、大気中で徐々に酸化されることにより、長期間にわたって硫酸エアロゾルの生成源となる。そのため、数年以上にわたる硫酸エアロゾルによる日射遮蔽・寒冷化を引き起こす可能性が高い一方、衝突直後の酸性雨、海洋酸性化にはあまり寄与しないと考えられる。また実験では、 OCS 、 H_2S など硫黄酸化物以外の硫黄化合物ガスも多く生成した。これらのガスは、大気中の化学反応で酸化され最終的に硫酸エアロゾル形成するまでの特徴時間が SO_2 よりもさらに長い。そのため、 SO_2 の放出をベースに従来考えられてきた硫酸エアロゾルによる日射遮蔽・寒冷化が、これまで考えられてきた以上に長期 (~10 年) にわたる可能性があるということが示唆される。



QMS によるガス直接測定結果 (時系列生データ) の一例。