

# 大気との相互作用による硫酸塩岩衝突放出物の蒸発に関する実験的研究

大野宗祐<sup>1</sup>、黒澤耕介<sup>1</sup>、長谷川直<sup>2</sup>

1 千葉工大、2 ISAS/JAXA

## 1. 研究の背景と目的

今から 6600 万年前、白亜紀末の生物大量絶滅は、巨大天体衝突が原因である [Alvarez et al., 1980, Schulte et al., 2010]。衝突が引き起こす環境変動と具体的な絶滅機構は未だ不明であるが、衝突直下点の硫酸塩岩が蒸発して生成した硫酸エアロゾルによる日射遮蔽・寒冷化 [Pope et al., 1994 など] や酸性雨 [Ohno et al., 2014 など] が有力な仮説である。この衝突の衝突角度はかなり大きく [Schultz and D'Hondt, 1996]、高速の放出物が大気との相互作用により分解/脱ガスし硫黄酸化物を放出した可能性がある。その場合、衝突により放出される硫黄酸化物の組成と量が劇的に変わる。天体衝突の際に硫酸塩岩が蒸発・分解し硫黄酸化物となるという現象は以前から知られており、申請者らは大阪大学の実験施設で放出される硫黄酸化物の化学組成を世界ではじめて測定することに成功した [Ohno et al., 2014 など]。しかし、これまで研究されてきたのは衝撃波による圧縮加熱に伴う化学反応のみであり、これまで衝突放出物の空力加熱による蒸発というプロセスは研究された例は全くない。

本研究では、放出物の空力加熱による蒸発が起こるかどうかを実験的に検証するとともに、生成した硫黄酸化物ガスの量と化学組成を測定することを目的とする。

## 2. 実験手法

衝突放出物の大気との相互作用を実験室内で模擬するためには、放出物が大気と相互作用するのに十分な広さの空間に大気を封入した条件で気相分析を行う必要がある。そこで本研究では、これまでの研究で確立された、実験チェンバーの上流に巨大ガスだめ・自動ゲートバルブ・Al の隔壁を配置して加速ガスの混入を極力抑える手法 [Kurosawa et al., 2012] を利用して実験を行った。アルゴンガスを充填した実験チェンバー内に硫酸塩岩散弾を撃ち込むことで、大気中での衝突放出物の空力加熱を再現する。生成する可能性のあるガスは、三酸化硫黄 ( $\text{SO}_3$ )、二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) の二種類である。ただし、実験系の内部の水蒸気を完全に除去することは難しいため、一部の硫黄酸化物は硫酸の微粒子となっている可能性がある。そこで本研究では、実験チェンバー内の気体の化学組成を北川式ガス検知管 (二酸化硫黄用、硫酸ミスト用)、及び四重極質量分析計で分析し、化学種の特定、定量を行った。

### 3, 結果

まず、二酸化硫黄用北川式ガス検知管（感度範囲：0.25-10ppm）で、生成した二酸化硫黄の検知を試みた。図1のように、ショット後の実験チャンバー内部の気体を検知管を通して吸い出し、色の変化を見ることで二酸化硫黄を検知することができる。しかし、今回の実験条件では色の変化は観測されず、二酸化硫黄を検知することはできなかった（図2）。同様の手法で、硫酸ミスト用の北川式ガス検知管（感度範囲：0.5-5mg/m<sup>3</sup>）を用い硫酸液滴の検出を試みたが、やはり検出されなかった。今回の実験条件では、射出した硫酸塩岩のうち、二酸化硫黄を形成したのは1%以下、硫酸液滴を形成したのは3%以下という結果が得られた。

次に、四重極質量分析計を用い、生成した三酸化硫黄、二酸化硫黄の検出を試みた。四重極質量分析計（QMS）を用いた衝突生成ガスの分析は、Kurosawa et al., 2012の手法に基づき行った。結果の一例として、QMS出力電流の時系列グラフを図3に示す。こちらでも、今回の実験条件では、有意な硫黄酸化物由来のシグナルを検出することはできなかった。QMSの測定結果から、今回の実験条件では、射出した硫酸塩岩のうち、二酸化硫黄・三酸化硫黄を形成したのはともに1%以下という結果が得られた。

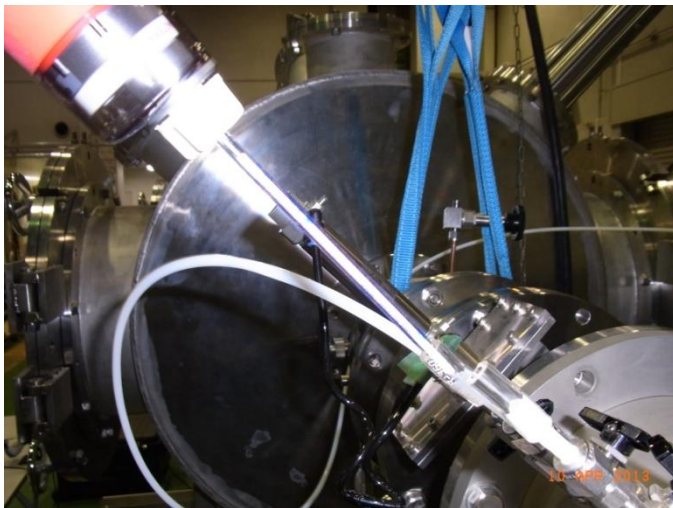


図1 北川式ガス検知管によるガス採取・分析



図 2 北川式ガス検知管による二酸化硫黄分析結果。色の変化は観測されなかった。

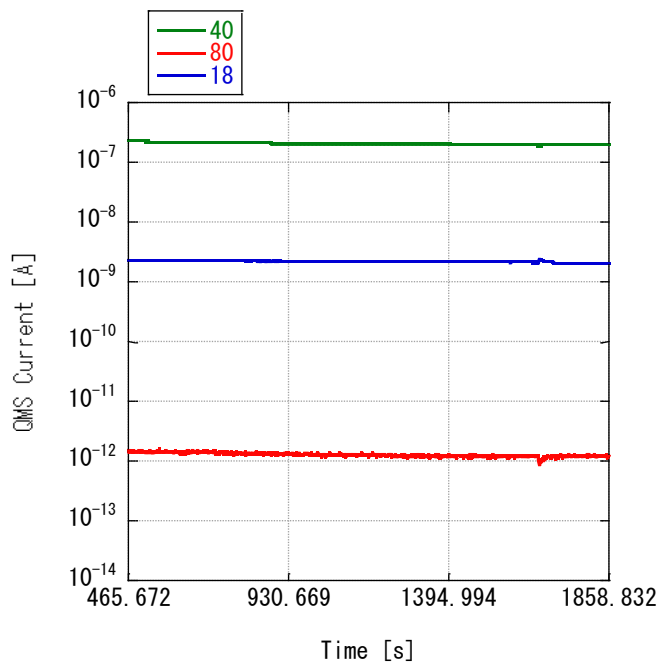


図 3 QMS 出力電流の時系列グラフの一例

#### 参考文献

Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F. & Michel, H. V. Extraterrestrial cause for the Cretaceous Tertiary extinction. *Science* 208, 1085–1108 (1980).

Kurosawa, K. et al., The nature of shock-induced calcite (CaCO<sub>3</sub>) devolatilization in an open system investigated using a two-stage light gas gun, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 337–338, 68–76, 2012

Ohno, S. et al., Production of sulphate-rich vapour during the Chicxulub impact and implications for ocean acidification, *NATURE GEOSCIENCE | VOL 7 | APRIL 2014*, DOI: 10.1038/NGEO2095

Pope, K. O., Baines, K. H., Ocampo, A. C. & Ivanov, B. A. Impact winter at the Cretaceous/Tertiary extinctions: Results of a Chicxulub asteroid impact model. *Earth Planet. Sci. Lett.* 128, 719–725 (1994).

Schulte, P. et al. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous Paleogene boundary. *Science* 327, 1214–1218 (2010).

Schultz, P.H., and D'Hondt, S., Cretaceous-Tertiary (Chicxulub) impact angle and its consequences., *Geology* 1996;24;963-967, 1996.