

# 開放系における固体-液体(水)間衝突現象の観測

西澤学<sup>1</sup>、松井洋平<sup>1</sup>、渋谷岳造<sup>1</sup>、須田好<sup>1</sup>、高井研<sup>1</sup>、矢野創<sup>2</sup>

1. 海洋研究開発機構、2. 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

## Experimental study of hypervelocity impact of solid material into liquid water

Manabu Nishizawa<sup>1</sup>, Yohei Matsui<sup>1</sup>, Takazo Shibuya<sup>1</sup>, Konomi Suda<sup>1</sup>, Ken Takai<sup>1</sup>, and Hajime Yano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

<sup>2</sup> Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan Aerospace Exploration Agency for Space and Technology (JAXA)

### 1、背景と本研究の目的

生命活動を担うアミノ酸や核酸といった生体有機物の起源の解明は、宇宙における生命の分布を推定するカギとなる。地球における生体有機物の起源について、宇宙空間で合成され、始原天体(小惑星、彗星、宇宙塵)によって初期地球に運搬されたとする「宇宙有機物起源説」と、初期地球において無機物から非生物的に合成されたとする「地球有機物起源説」が提唱されている。どちらの仮説も有力な証拠の提示には至っていないが、約 40 億年前に集中して起きた海洋への天体衝突が宇宙起源有機物の変質(低分子化や無機化)や地球起源有機物の合成において重要な役割を果たしていた可能性がある<sup>1-3</sup>。これまで閉鎖系での岩石-水間衝撃実験から衝撃圧縮によって N<sub>2</sub> や CO<sub>2</sub> といった原始大気成分から有機物やその主原料となるアンモニアが最終産物として生成されることが指摘されている<sup>2-3</sup>。一方で、超高速衝突に伴う水中での隕石の破壊様式やその支配要因ならびに隕石断片の受ける温度圧力履歴については実験に基づく理解が進んでいない。本研究は、開放系で隕石-水間超高速衝突実験を行い、隕石の破壊過程や衝突時の圧力履歴をリアルタイムで計測するとともに、アンモニアや鉍物といった最終産物の定性・定量分析を行う。これにより、隕石の海洋衝突に伴う反応条件を推定し、衝突現象の再現実験で観測される最終産物との対応付けを行うことを最終目的とする。

平成 28 年度はポリカーボネートとステンレスを飛翔体として用いた実験を行い、材質の違いに伴う水中での破壊様式の違いを発見した。平成 29 年度は、天然の未分化隕石を飛翔体とした実験を行い、飛翔体の材質と水中での破壊様式の間関係を一般化することを主な目的とした。

### 2、実験方法

宇宙科学研究所に設置された縦型二段式軽ガス銃を用いて衝突実験を行った。直径 2mm、高さ 2mm の普通コンドライト(LL6)を飛翔体として、速度 4.7-5.2 km/s でプラスチック製容器に注いだ水に超高速衝突させた。容器の底には金属鉄の標的を固定した。標的までの水深を 0mm (水なし)から 26mm まで変化させ、種々の水深条件で実験を行った。水中での飛翔体の挙動を観測するため、高速カメラ(Shimadzu HPV-X)を用いて撮像した。水の衝撃圧を測定するためニードルプローブを用いた。実験後、標的を回収し、衝突面に形成されたクレーターの三次元構造をレーザー変位計で計測した。また実験後に隕石破片を回収する手法の開発を試みた。

### 3、実験結果と考察

時間分解能 2 $\mu$ s の高速撮像で、隕石の破壊過程をとらえることに成功した(図 1)。水中の衝撃圧の測定に成功すると同時に鉍物破片を効率よく回収する手法を開発した。標的の衝突面に形成されたクレーターの産状は、お椀形のクレーターが単一個で存在する場合と複数個の小さなお椀形(直径 2mm 以下)のクレーターが散在する場合が観察された。水深が増加するにつれて、クレーターの産状は単一個のお椀形から複数個の小さなお椀形へと変化した。またクレーターとは別に衝撃に伴う標的の凹みが浅い水深での実験で観測された。クレーターの体積は水深の増加に伴い指数関数的に減少した。指数減少の度合いを示す減衰定数はポリカーボネートより大きく、ステンレスより小さい値を示した(図2)。

以上と結果と先行研究の結果を合わせて考察すると、1) 隕石の破壊は水中で始まること、2) 水深が十分深いときは、海底に到達する前に隕石の微細化と減速が進行してクレーターが形成されないこと、3) 隕石の衝突運動エネルギーは隕石の強度が低いほど、海水に移行する割合が増え、海底下の岩石の破壊に使われるエネルギーの割合は低下することが予測された。3) 隕石の衝突運動エネルギーは隕石の強度が低いほど、海水に移行する割合が増え、海底下の岩石の破壊に使われるエネルギーの割合は低下することが予測された。

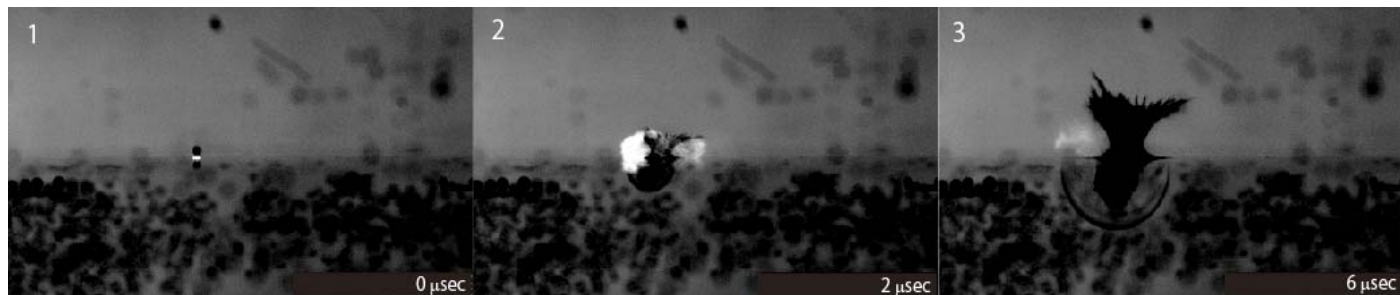


図 1、普通コンドライトが水中に超高速衝突した時の連続撮像。

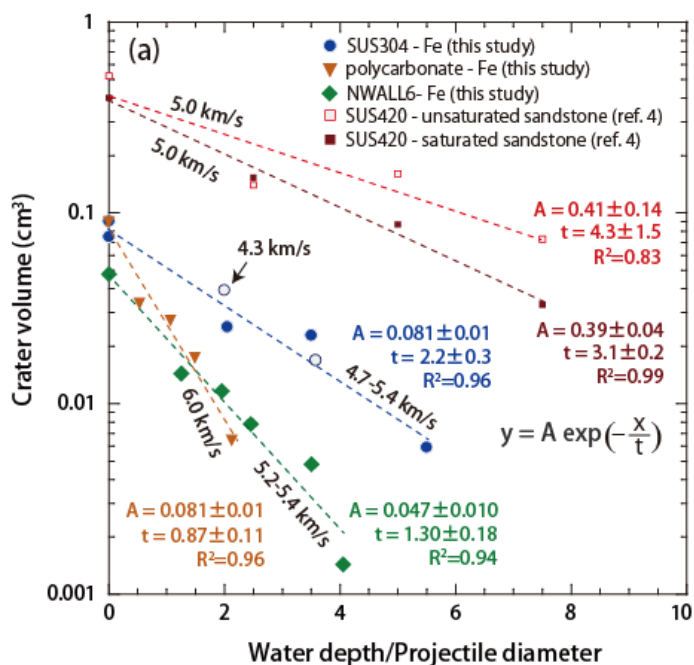


図 2、a) 金属鉄の標的に形成されたクレーターの体積と飛翔体の直径で規格化した水深の関係。Ref. 1 = Baldwin et al., 2007 (1mmOD of SUS420 projectile, 5.0km/s).

#### 4、引用文献

1. Nishizawa, M., Takahata, N., Terada, K., Komiya, T., Ueno, Y., Sano, Y. Rare earth element, Lead, Carbon and Nitrogen geochemistry of apatite-bearing metasediments from ~3.8 Ga Isua supracrustal belt, West Greenland. *International Geology Review* **47**, 952-970 (2005).
2. Nakazawa, H., T. Sekine, T. Kakegawa, and S. Nakazawa (2005), High yield shock synthesis of ammonia from iron, water and nitrogen available on the early Earth, *Earth and Planetary Science Letters*, 235(1-2), 356.
3. Furukawa, Y., Sekine, T., Oba, M., Kakegawa, T. & Nakazawa, H. Biomolecule formation by oceanic impacts on early Earth. *Nature Geosci* **2**, 62-66 (2009).
4. Baldwin, E. C., D. J. Milner, M. J. Burchell, and I. A. Crawford (2007), Laboratory impacts into dry and wet sandstone with and without an overlying water layer: Implications for scaling laws and projectile survivability, *Meteoritics & Planetary Science*, 42(11), 1905-1914.