

日本液体微粒化学会 微粒化研究推進助成 研究課題実施終了報告書

研究課題名：線香花火の高速可視化計測による微粒化機構の解明

研究代表者：東京大学大学院 工学系研究科 航空宇宙工学専攻 特任准教授 井上智博

助成期間：2014年4月1日～2015年3月31日(1年間)

1. 概要

江戸時代以来、約400年の間、夏の風物詩の一つとして線香花火が親しまれてきた。しかし、その美しさの裏側にある物理には未解明な点が多い。本研究では、紙縫りの下端に形成された火球から火花(火弾)が放出され、遠方で破裂するという、線香花火において本質的に重要な2つの液体微粒化現象に着目して、高速カメラを用いた可視化と温度分布計測を実施した。その結果、火球から火弾が放出される機構と、火弾が破裂する過程を世界で初めて明らかにするなど、線香花火の美の物理の理解に貢献した。

2. 実施内容

線香花火が作られ始めておよそ400年が経つが、火球から火弾が飛び出し、下流で連鎖的に破裂する線香花火の特徴的事象に関して、それらの機構は明らかにされてこなかった。理由の一つは鮮明な可視化画像が乏しかったことが挙げられる。そこで、はじめに高速カメラ(Photron SA-X2)を用いて、線香花火の火球と火弾を詳細に可視化した。その結果、火弾の放出には、火球に形成された気泡の破裂が本質的に重要であることを発見した。また、火弾の破裂は、一種の液滴微小爆発によって生じることを見いだした。次に、現象を定量化すべく、二色温度法を適用することで、非定常温度計測に初めて成功した(図1参照)。温度計測の結果、火球温度は、火球を構成する成分である K_2S と K_2CO_3 の融点で決まることが示された。また、火弾温度は次第に上昇し、 K_2SO_4 の融点に達することも確認された。さらに、火弾の寿命は、表面温度が内部に貫入する、熱拡散が律速となっている可能性が示されたことから、火弾内部で吸熱分解反応が生じてガス生成したことで火弾の破裂が起きる可能性が示唆された。火弾の破裂機構には、依然として不明な点が残るものの、当初の計画通り研究を遂行することで、線香花火の美の物理を一定程度理解できるようになったと考えている。なお、試験は全て、東京大学本郷キャンパスにて実施した。



図1 線香花火の高速カラー撮影(左)と二色法による温度計測結果(右)

3. 成果

【受賞】

- ISEM2014 The Excellent Oral Presentation Award(2014)
- 日本液体微粒化学会写真コンテスト特選(2014)

【外部発表】

- 可視化情報学会 Vol.35, No.137, pp.8-13(2015)
- 微粒化 Vol.24, No.82, pp.37-43(2015)
- International Symposium on Energetic Materials and their Applicationsにて講演(2014)
- 第23回微粒化シンポジウムにて講演(2014)

4. 謝辞

Photron 桑原譲二博士には、高速可視化計測にご協力頂いた。心より御礼申し上げます。

以上