

アーク加熱風洞を用いた流星アブレーションの模擬実験 Laboratory Simulation of Meteor Ablation using Arc-Heating Wind Tunnel

○細谷 壘¹, ○佐藤 元¹, ○野口 拓丸¹, 阿部 新助²
*Rui Hosoya¹, *Sato Gen¹, *Noguchi Takumaru¹, S.Abe²

Abstract: Meteor is a phenomenon that occurs as a result of collision between the interplanetary dust called meteoroid which originated from comets and asteroids, and the Earth's atmosphere at high speed. In order to understand this phenomenon, we conducted experiments that simulate meteor phenomena using meteoroid we made and a JAXA/ISAS's arc-heated wind tunnel. In the previous experiment, although it was a small number of times, we succeeded in obtaining data of emission from only meteoroid using a spectroscope. In this experiment, we increased the number of data and deepened our understanding of meteor phenomenon.

1. 諸言

流星(meteor)とは、彗星や小惑星起源のメテオロイド(meteoroid)と呼ばれる惑星間塵が、12-72[km/s]という超高速で地球大気に突入した際、メテオロイドと上層大気が衝突することで、衝突励起してプラズマ発光する現象のことである^[1].

流星は自然現象であり、その出現時間や位置の特定が難しく、精度の良い観測データが得られない。また、流星現象を引き起こしたメテオロイドは燃え尽きてしまうため、その組成や形状等が不明であり、物質と流星現象の関係を正確に求めることが難しい。そこで、組成・形状等が既知のメテオロイドを突入速度・突入角が分かるように大気に突入させることで、高精度の観測データを得ることができる。

しかし、実際に流星現象を模擬するような実験は難しい。そこで、天然の流星・火球の発光過程を明らかにするため、人工流星模擬体(以下、供試体)をJAXA/ISAS アーク加熱風洞を用いてアブレーション実験を行い、分光計測を実施した。

これまでの実験では供試体及びウエイク領域(供試体後方部分)の発光を分光観測してきたが、昨年の実験では供試体のみ発光を分光観測することに成功した。しかし、データ数が少なく、それを用いて議論を展開するには至らなかった。今回の実験では、全ての供試体において供試体のみ発光データを取得し、そのデータ数を増やすことができた。

2. 目的

昨年の実験で確立した手法を用いて供試体のみ発光データ数を増やし、メテオロイドの発光現象の理解を深める。

3. 実験装置および実験方法

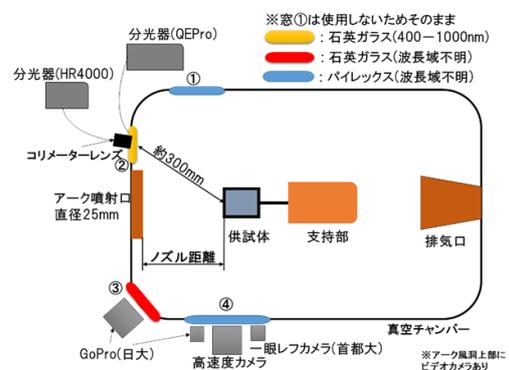


Figure 1. JAXA/ISAS's arc-heated wind tunnel

本実験では国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(JAXA/ISAS)に設置されている惑星大気突入環境模擬装置(アーク加熱風洞)を用いてメテオロイドの地球大気突入の模擬実験を行った。Figure 1は、実験時のアーク加熱風洞と周辺の観測装置の配置を表したものである。アーク加熱風洞はアーク放電によって空気などの作動ガスを加熱し高エンタルピ化するアークヒーター、高エンタルピガスを加速させるノズル、測定室、供試体射出装置、排気装置から成っている。本実験での供試体の空気に対する突入速度は、供試体の加熱率を調整することで変化させた^[2]。

Table 1. Operating condition

電流[A]	450
チャンバー内圧[MPa]	0.50
主流総エンタルピ[MJ/kg]	約 14
加熱率[MW/m ²]	6.80-19.40

1 : 日大理工・学部・航宇、2 : 日大理工・教員・航宇

Table 2. Spectrometer condition

	QEPro	HR4000
波長域[nm]	250-1050	200-1100
波長分解能[nm]	0.75	0.25
積分時間 [s]	1/30	1/60, 1/120

本実験では、直径 10[mm]高さ 10[mm]の円柱形状の Fe の供試体を使用した。また質量は 6.184g、密度は 7.874g/cm³である。

スペクトル計測用の分光器には、Ocean Optics の分光器 QEPro と HR4000 を用いた。各分光器に光ファイバーを装着し、それを通して供試体からの光を観測した。本実験では供試体からの光を観測するために HR4000 の光ファイバーの先端に集光レンズを装着した。また、供試体の発光強度補正にはハロゲンランプおよび重水素ランプでキャリブレーションを行い、波長較正には水銀およびアルゴン輝線を使用した。

4. 実験結果及び考察

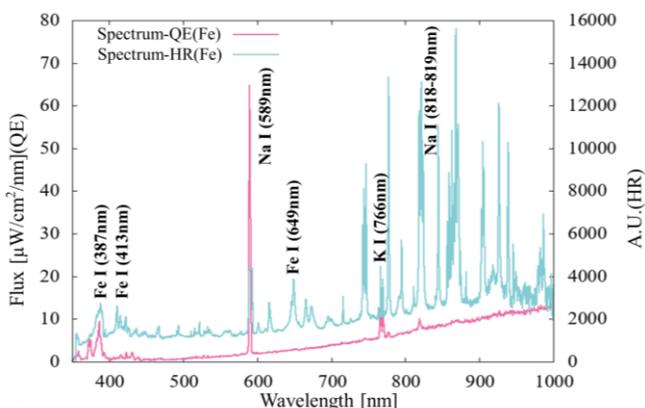


Figure 2. Spectrum of iron

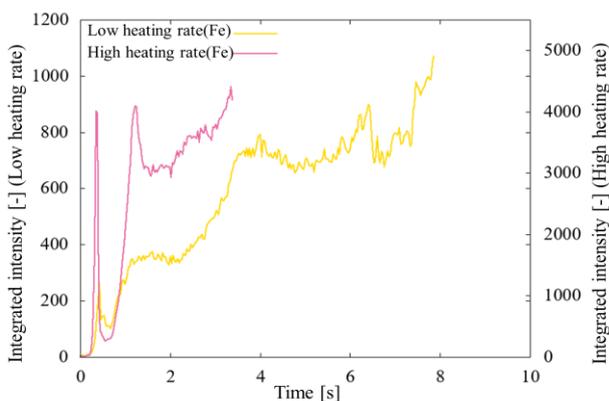


Figure 3. Lightcurve of iron

Figure 2 は、材質が鉄の供試体の発光途中におけるスペクトルを分光器ごとに比較したグラフである。Fe I (387nm), Fe I (413nm), Na I (589nm), Fe I (649nm), K I (766nm), Na I (818-819nm)の輝線をそれぞれ同定した。

Figure 3 は、横軸に発光時間、縦軸に積分発光強度を示したグラフであり、ライトカーブと呼ばれる。積分発光強度とは、スペクトルの強度を特定の波長域（今回は可視光域）で合計した値のことである。このグラフでは、供試体への加熱率が高い場合と低い場合のライトカーブを比較している。

Figure 2 において、供試体及びウエイク領域の発光スペクトルに比べ、供試体からの発光スペクトルの方が輝線が多く確認できた。輝線は励起した物質の影響でグラフ上に表れるが、供試体付近で多くの物質が励起されたため、発光全体のスペクトルよりも供試体からの発光スペクトルの方に多くの輝線が表れたと考えられる。

Figure 3 において、加熱率が大きい供試体の方が小さい供試体に比べ発光時間が短かった。これは、加熱率が大きい方が供試体が早い段階で高温になり、すぐに燃え尽きたためだと考えられる。

5. 結論

昨年確立した手法を基に、供試体からの発光データ数を増やすことができた。このデータをもとに流星現象についての理解を深めていく。また、加熱率の違いは供試体の積分発光強度・発光時間に影響を及ぼした。高加熱率であるほど供試体の積分発光強度が大きく、発光時間は短い。

6. 謝辞

本研究を進めるに当たり、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(JAXA/ISAS)、首都大学東京の佐原宏典教授およびその学生の皆様、株式会社 ALE の岡島礼奈氏に多大なるご協力をいただきました。厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

7. 参考文献

[1]長沢工：「流星と流星群」，株式会社地人書館，p.19-41，1997
 [2]R.W.Detra ， N.H.KempandF.R.Riddell ： 「 JET PROPULSION」， p.1256， 1957