K7-50

地球大気突入を模擬した人工流星実験

Artificial Meteor Experiments Simulating the entry into the Earth's Atmosphere

○小山晋[1]，荒木健吾[2]，岩崎太陽[2]，沼田宗一郎[2]，亀川将司[2]，阿部新助[3]
*Shin Koyama[1], Kengo Araki[2], Taiyo Iwasaki[2], Soichiro Numata[2], Shoji Kamegawa[2], Shinsuke Abe[3]

Spectroscopy of artificial meteors is a best method to understand the atmospheric influence upon meteors and meteorites because for such natural bodies the material, mass, and shape are all unknown. In order to measure details of a meteor ablation process such as plasma temperatures, composition ratios of ablated materials and their chemical reactions, an artificial meteor test was carried out using JAXA/ISAS's arc-heated wind tunnel with artificial metallic meteoroids made by us. Analyze the result of near-ultraviolet and visible spectra in range between 250-900 nm.

１．緒言

流星（meteor）とは，メテオロイド（meteoroid）と呼ばれる惑星間塵が，地球大気に突入した際に発光する現象のことである．メテオロイドは，惑星や小惑星が起源であると考えられており，直径は数ミリから数センチ，秒速 12～72km で地球大気に突入する[1]．高度 100km 付近で地球大気との衝突が激しくなると，空力加熱により物質の昇華が始まる．その昇華物質と大気との衝突励起によって，メテオロイドの構成物質と大気中の原子・分子の双方がプラズマ発光する．

今まで，流星の軌道についての研究は数多く報告されているが，流星の組成や発光素過程についての研究は少ない．流星現象を分光観測することにより，各物質の組成，発光強度の違い，プラズマ温度などの解明につながる．

本研究において，天然の流星の組成比や発光素過程を明らかにするため，金属物質で作製した組成が既知の流星模擬体を用いて，JAXA アーク加熱風洞による人工流星実験を行い，プラズマ放射分光計測を実施した．

２．実験装置及び実験方法

アーク加熱風洞は，アーク放電により作動ガスを高エンタルピ化して，気流をノズルにより膨張加速し，高速・高温の気流を得ることのできる惑星大気突入模擬装置である．本実験では JAXA 宇宙科学研究所に設置されているアーク加熱風洞を用いて流星模擬体の地球大気突入を模擬した実験を行った．

Table 1. Operating condition

電流[A]	550
電圧[V]	1550
電力[kW]	854
主流総エンタルピ[MJ/kg]	16
ノズル出口から供試体までの距離[mm]	30

本実験では，直径 10[mm]高さ 10[mm]，直径 20[mm]高さ 10[mm]の円柱形状の供試体を使用した．供試体の支持のため，供試体に穴をあけ，直径 2[mm]のタングステン棒を挿入してジルコニア接着剤スミセラム S301 で固定した．そして，もう片方の端を直径 10[mm]の SUS 棒にはめ合いで固定し，さらにその SUS 棒を銅製のアタッチメントにイモネジで固定した．アタッチメントは熱から保護するためにベークライトの型で覆った．

スペクトル観測用の分光器には，Ocean Optics の HR4000 と QEPro の２種類を使用した．

Table 2. Instrument parameter

分光器	HR4000	QePro
波長域	250～1100nm	185～1100nm
供試体からの距離	0.8793[m]	

発光の絶対強度を計測して等級を求めるため，QEPro のファイバーの先にコサインコレクタを装着した．得られた分光スペクトルを絶対較正用ランプ GH3 のデータを用いて補正した．波長較正用に HG-1 を使用した．また，実験中のアーク加熱風洞内の様子を観察するために Panasonic DMC-GH3 とハイスピードカメラ Phantom v711 を用いて動画の撮影を行った．フレー

１：日大理工・学部・航宇　２：日大理工・院（前）・航宇　３：日大理工・教員・航宇

ムレートはそれぞれ，GH3：60fps，ハイスピードカメラ：1000fps である．

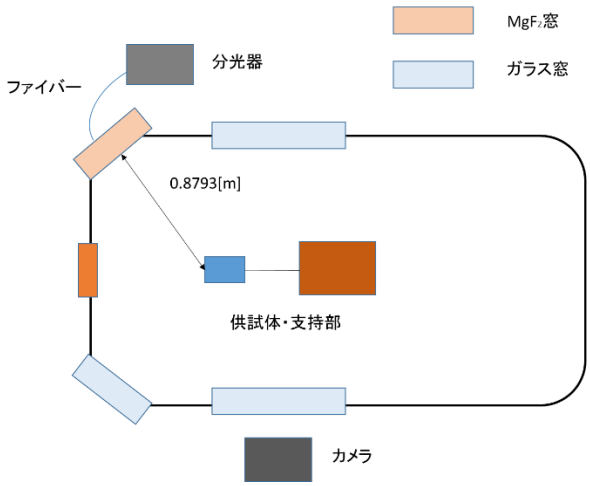

Figure 1. The schematic View of observational system

３． 実験結果および考察

．Figure 2 に隕石，Figure 3 に流星模擬体のライトカーブを示す．ライトカーブとは，可視光域における発光強度の時間変化を表したものである．

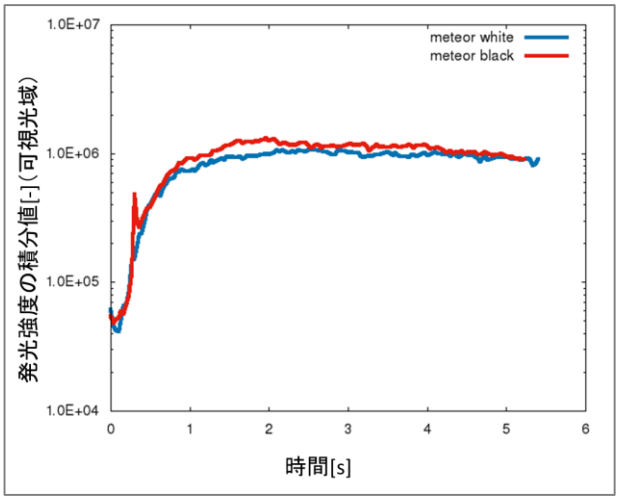

Figure 2. Light curve of meteor

Figure 2 はチェリャビンスク隕石から削り出した２つの欠片のライトカーブである．表面の色で白と黒に分類しているが，元は同じ隕石なのでグラフの立ち上がりと発光強度の最大値，発光時間がほぼ等しいことが分かる．また，発光強度が小刻みに変動しているのはフラグメンテーションの影響である[2]．

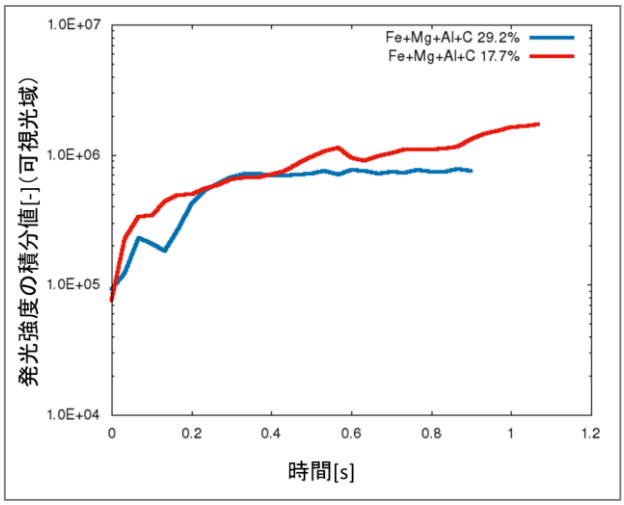

Figure 3. Light curve of Artificial meteor

Figure 4. Ablation of test specimen

Figure 3 のライトカーブは，流星模擬体として作成した，Fe+Mg+Al+C の空隙率が 29.2%と比較的大きいものと空隙率が 17.7%と比較的小さいもの，２種類の模擬体の発光強度の時間変化を表したものである．流星模擬体の空隙率が高い方が構造的に脆く，発光開始直後に急激な増光をする[2]が，このライトカーブではそれが見られない．また，Figure 2 における発光強度の小刻みな変動が Figure 3 ではあまり見られないが，Figure 4 より，フラグメンテーションしながら発光していることが明らかである．この原因は，模擬体が４種類の物質によって構成されていることで，模擬体の表面のみにフラグメンテーションが生じているためであると考える．今後は，分光スペクトルの詳細な解析を行い，深く考察していく．

４． 参考文献

[1] 小田稔:「宇宙・天文大辞典」, 丸善株式会社, pp.499, 1987.

[2] 荒木健吾，岩崎太陽：「アーク加熱風洞を用いた人工流星の分光観測」，日本大学卒業論文，pp.80，2014.