K7-83

JAXA/ISAS アーク加熱風洞を用いた流星アブレーション実験

Ablation observation of Meteors using JAXA/ISAS's Arc-Heated Wind Tunnel

○鴻巣雄貴 [1]，松山誉 [1]，荒木健吾 [2]，岩﨑太陽 [2]，戸円和博 [2]，阿部新助 [3]
*Yuki Konosu[1] , Homare Matsuyama[1] , Kengo Araki[2] , Taiyo Iwasaki[2] , Kazuhiro Toen[2] , Shinsuke Abe[3]

Abstract: Comet or asteroidal meteoroids can be observed as meteor during their collision with Earth's atmosphere. These meteoroids can provide us abundance of the chemical elements. But it is rare for us to obtain date of natural meteors. In order to understand the ablation process of meteoroids, artifical meteors made by us were carried out using JAXA/ISAS's arc heated wind tunnel during July 19- July29, 2016. We obtain date by the spetroscopic measurement in aritifical meteor expriment.

１．緒言

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, 秒速 12-72[km]という超高速で地球大気に突入した際に構成物質と大気中の分子と原子の双方がプラズマ発光する現象(アブレーション)のことである.[1]流星は撮像・分光観測することで，その母天体を間接探査が可能となる.
現在，流星観測では広い視野を監視しているため，空間分解能の精度が悪くまた天候の影響を受け，メテオロイドの発光物理現象を正確に求めることが難しい.そこで、組成・突入速度・突入角・形状・密度が全て既知のメテオロイドを作製し大気突入させれば, 時間, 出現時間，天空の出現位置が予め分かっているため，高精度の科学観測が実施できる. 本研究において，天然流星の発光過程を明らかにするため, 組成比・形状・大きさ・密度を変化させて作製した人工流星模擬体を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観測を実施した.その結果，地球大気に突入してきた天然流星の空隙率を分光観測により測定する指標を取得することに成功した.

２．目的

・空隙率と発光強度の関係を調査する.
・物質の反応性と発光強度との関係を調査する.
・空隙率とディファレンシャルアブレーション(以下DA.)の関係を調査する.

３. 実験装置および実験方法

本実験では 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を模擬した実験を行った.アーク加熱風洞とはアーク放電によって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熱し実験室に噴射口から噴射し供試体の耐熱試験を行う装置である.

Table 1. Operating condition

電流[A]	550
流速[km/s]	4~6
温度[K]	1.0×10^4
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
加熱率[MW/m^2]	21.2

本実験では, 直径 10[mm]高さ 10[mm]の円柱形状の供試体を使用した.下記に本実験で使用した人工流星体の一覧を記す.

Table2. List of sample

流星模擬体	空隙率[%]	質量[g]	密度[g/cm^3]
Fe+SiO_2+MgO+C	30.5	2.50	2.77
Fe+SiO_2+MgO+C	28.4	2.79	2.85
Fe+SiO_2+MgO+C	18.6	3.04	3.24
普通コンドライト	6.0	3.37	3.60

(以下 Fe+SiO_2+MgO+C を SiCMOF と記す.)

スペクトル観測用の分光器には，Ocean Optics の分光器 QEPro(波長域 200-1100nm,波長分解能 0.75nm,時間分解能 1/30s)を用いた.

流星模擬体の発光強度は Ocean Optics の校正光源 DH-3 plus-CAL でキャリブレーションを行い，波長校正には水銀およびアルゴン輝線を使用した.

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

4．実験結果および考察

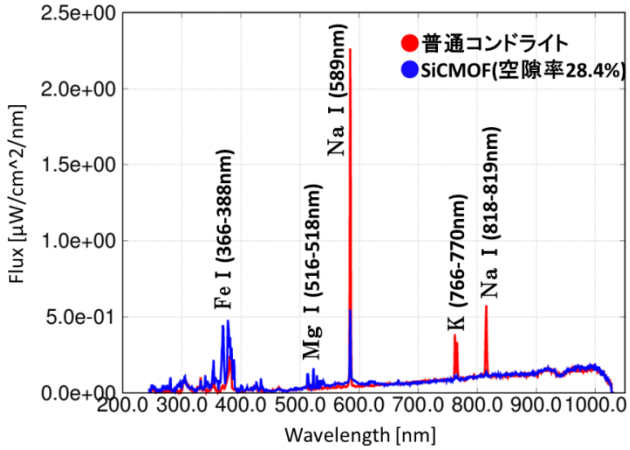

Figure 1. Spectrum SiCMOF (28.4%)

Figure 1 は中空隙体(28.4%)と普通コンドライトのスペクトルである.Fe I (366-388nm)，Mg I (516-518nm)，Na I (589nm)，K I (766‐770nm)，Na I (818-819nm)の輝線をそれぞれ同定した.普通コンドライトは流星模擬体に比べて揮発性物質 Na,K の輝線が強く見られる.

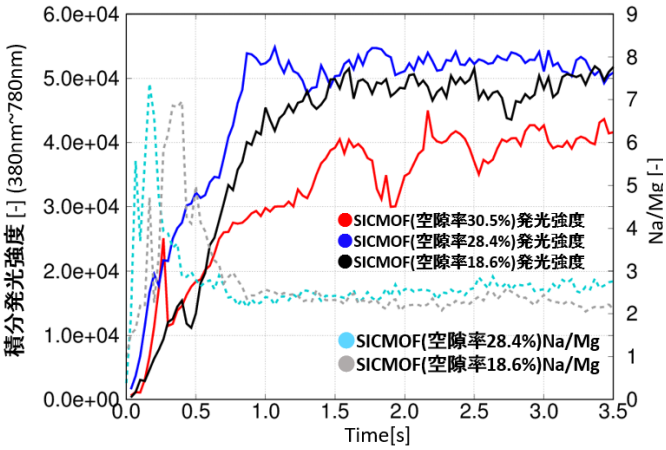

Figure 2. Atomic Light curve of SiCMOF (28.4%&18.6%)
Light curve of aritificial meteor SiCMOF

Figure 2 は波長積分範囲 380-780[nm]における流星模擬体のライトカーブを実線で示し，また流星模擬体(28.4%&18.6%)における原子発光輝線(Na，Mg)の強度比を点線で示した.発光開始から約 0.5 秒にかけて，高空隙体(30.5%)において初期の飛び出し以外傾きはそれに比べて緩やかであった．これは稠密になるほど強度が高くなるので[1]，高空隙体は中空隙体より強度が低くなりフラグメンテーションを起しやすいと考えられる.また，供試体が十分に加熱される前にフラグメンテーションを起こすために発光強度が上がり切らなかったと考えられる．昨年度の研究では空隙率が低いほど発光強度が高くなると考えられていた[1]が，本研究では液滴化が影響し中空隙体の方が低空隙体よりも発光強度が高くなるという結果が得られた．この結果を受け空隙率と発光強度の関係には比例関係ではなく，ある空隙率で最大の発光強度を示すことが分かった.

また，Figure2 より Na/Mg が発光開始直後に直後に急激していることが分かる.これは Na は揮発性物質であり昇華にかかる時間が短く，難揮発性である Mg の昇華にかかる時間が長いためだと考えられる．これは Na が Mg に比べて反応性に優れているからと考えられる.

発光直後に Na が急激に増光した後に一旦減光し,その後に発光強度が上がっている現象を DA という.揮発性物質を豊富に含む彗星起源である流星は DA を起すことが知られている[2]．本研究によって，空隙率の違いにより DA を起す時間が異なることが示せた.このことは天然流星を分光観測することで，そのメテオロイドの空隙率を測る指標を取得したと言える.

5．結論

- 空隙率と発光強度には比例関係があるのではなく，ある空隙率で最大の発光強度を示す.
- 反応性に優れている物質はそれに乏しい物質よりも発光強度が高い.
- 空隙率によって DA が異なる値を示すことが明らかになった.分光観測することによって地球大気に突入してきたメテオロイドの空隙率を測定するための指標を取得した.

6．謝辞

本研究において首都大学東京の佐原宏典教授及びその学生の皆様にはアーク加熱風洞実験を共同で行いご協力頂いた. (株)ALE 岡島礼奈氏は私たちを Sky Canvas という流星プロジェクトへ導いて下さった.ここに記し，厚く御礼申し上げる.

参考文献

[1]沼田宗一郎，メテオロイドと人工流星の分光的研究，日本大学大学院修士論文，2015

[2]Abe S. Meteoroids and Meteors-Observations and Connection to Paretn Bodies, Lect. Notes Phys. 758, 129-166. 2009.