K7-14

アーク加熱風洞と空隙体を用いた人工流星プラズマ実験

Artificial meteor plasma test using arc-heated wind tunnel with porous material

○岩崎太陽¹, 荒木健吾¹, 沼田宗一郎¹, 亀川将司¹, 小山晋², 阿部新助³ *Taiyo Iwasaki¹, Kengo Araki¹, Soichiro Numata², Shoji Kamegawa¹, Shin Koyama², Shinsuke Abe³,

Abstract: The purpose of this study is to clarify the relationship between the structure and the light emitting of Meteor. We manufacture test pieces made by metallic materials which simulate meteoroid. We investigate the relationship between porosity and strength of test pieces by the compression test. And, artificially generated the meteor ablation plasma using the JAXA / ISAS arc heating wind tunnel. We obtain date by the spectroscopic measurement and high-speed camera in artificial meteor plasma experiment. We investigated the relationship between strength and emission intensity, fragmentation of Meteor body.

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、彗星や 小惑星が起源だと考えられており、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. 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り、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.

今日まで流星の放射点分布や軌道についての研究 は数多く報告されてきた。天然流星を二点観測する ことで速度や軌道が推定でき,分光観測することで 組成や発光過程(プラズマ温度,構造の違いによる アブレーションの変化)を調査することが可能であ るが,精度よく求めることは困難である。そして, 天然流星の構造・強度と発光の関係については明ら かになっていない.

昨年度,流星のアブレーション過程について理解 するため,JAXA/ISASの惑星大気突入環境模擬装置 (アーク加熱風洞)を使用して,流星発光を模擬する 人工流星実験を行い,発光強度と時間の関係のデー タを得た。組成が同じで構造(空隙率)が異なる供 試体で比較すると,フラグメンテーションによって 空隙率の高いほうに急激な増光を確認した。フラグ メンテーションには,(1)流星模擬体の構造(2)流星 模擬体を構成する物質の融点が大きく影響している と考えられる。

本研究では(1)の要因に着目し,天然流星の構造 と発光との関係を理解する目的で,私たちが作製し た流星模擬体をJAXA/ISASアーク加熱風洞を用い て,人工的に流星アブレーションプラズマを生成し た。この人工流星プラズマの分光計測や高速度撮影 して得られたデータと,静的圧縮試験より得られた 空隙率と強度のデータを用いて,流星体の構造また は強度が発光強度の時間変化やフラグメンテーショ ンにどのような影響を及ぼすか調査する。

2. 実験装置及び実験方法

本実験では、直径10[mm]高さ10[mm]の円柱形 状、直径20[mm]高さ10[mm]の供試体を使用した. 供試体の空隙率は各素材につきを3~5種類用意した.

アーク加熱風洞は、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 速し、高速で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。



Figure 1. Operating condition

分光観測用の分光器には、Ocean Opticsの HR4000とQeProを用いた.緒言をTable 1に示す.発 光強度をキャリブレーションするために、ファイバ ーの先にコサインコレクターを装着し、得られた分 光スペクトルを絶対校正用ハロゲンランプのデータ をもちいて補正し、波長校正には水銀アルゴンラン プを使用した.また、実験中のアーク加熱風洞内の

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

様子を観察するためにPanasonic DMC-GH3を用いて 動画の撮影を行った.フレームレート1/60[s]であ る.また高速度カメラPhantom v711を用いて高速度 撮影を行い,フレームレートは1/1000[s]である.

分光器	HR4000	QePro
波長域	250~1100nm	185~1100nm
供試体までの 距離	0.8793m	0.8793m

Table 1. Specification of Spectrographs

圧縮試験にはインストロン製3360シリーズツイン コラム卓上型試験システム(型式3369)を用いて行 う.各空隙率の供試体を3回づつ試験を行い,強度 と空隙率の関係を明らかにしていく.



3. 実験結果および考察

Figure 2. Lightcurve of Maraging steel

Figure2, Figure3はアーク加熱風洞を用いた人工 流星プラズマ実験にて得られたデータを解析して得 られるライトカーブであり,発光強度の時間変化を 表すグラフのことである.取得した各時間のスペク トルデータから可視光域(380-780nm)における発 光強度の積分値の時間変化を表している.

Figure2はマルエージング鋼のライトカーブであ る.Figure 2より,空隙率がそれぞれ異なる供試体 の発光開始直後の立ち上がりに差異は見られなかっ た.その理由は,空隙率の違いによって,供試体の 強度に大きな変化がなかったためだと推測される. また,これらの供試体は体積が同じため,空隙が小 さいほど質量が多い. そのため,発光時間は空隙が 小さい順に,長くなることが確認できた.



Figure 3 . Lightcurve of Fe+Mg+Al+C

Figure3は Fe+Mg+Al+Cで構成される供試体のラ イトカーブである. Figure 3より,空隙率が小さい ほうが発光開始直後の発光の立ち上がりが早いほう が分かる.前年の研究において,空隙率の高いほう がフラグメンテーションを起こし発光の立ち上がり が早い,という結論と異なる結果がでた.これは, 供試体の構成物質の偏りがあると考えられる. Mg はボールミルで混合すると危険であり,手動で混合 したことが原因である.空隙率29.2%の供試体の発 光強度が0.25秒後から一定なのは,Feが供試体の後 ろ側に偏っており,それが溶融したことによってフ ラグメンテーションを起こさなかったためだと考え られる.

今後,人工流星模擬体の圧縮試験を行い,強度 と空隙率との関係を明らかにして、発光強度の時間 変化との関係を明らかにしていく.また、高速度カ メラから得られたデータから、強度とフラグメンテ ーションの関係を調査する.

4. 参考文献

- 小田稔,宇宙・天文大辞典,丸善株式会社,pp. 499,1987
- [2] 長沢工,流星と流星群,株式会社地人書館, pp. 231, 1997
- [3] 渡辺正樹,超小型衛生搭載用マスドライバの研究開発とその応用,首都大学東京卒業論文, pp49,2013
- [4] 渡嘉敷直彦,多孔質琉球石灰岩の空隙評価と変 形・強度特性,土木学会論文集,pp882,2010