

(別紙様式-2)

宇宙開発に伴う大気汚染評価
Investigation of Air Pollution Associated with Space Developments

持田 陸宏, 名古屋大学・宇宙地球環境研究所

【研究の背景・目的】

運用を終了した人工衛星などの宇宙ゴミは、大気再突入によりエアロゾル粒子を発生する。衛星コンステレーションの構築等ともなう将来の宇宙ゴミの爆発的増加は、エアロゾルの発生・輸送を通して大気環境に影響を及ぼすことが考えられるが(図1)、その影響を把握するための科学的知見は乏しい。そこで本融合研究では、

- (1) 大気圏再突入環境模擬装置の構築と評価を行い(市原)、アブレーション微粒子捕集装置を作製して微粒子の捕集実験と得られた試料の解析を行う(市原・上田・持田)。
- (2) 化学気候モデルを用いるアプローチで、宇宙ゴミの発生を通じた長期的な宇宙開発が及ぼす気候影響を推定するための基礎的知見を取得する(須藤)。
- (3) 環境影響の抑制が期待できる人工衛星の構造材料や、再突入地点と気候影響との関係など、人工衛星の材料・運用に関わる考察の可能性を議論する(市原・上田・持田・長濱)。

の3つの取り組みを構想し、この実施のための予備的な成果の獲得や、研究指針の具体化を目指している。なお、本研究は市原が代表を務めて進めてきたが、所属機関の変更に伴い持田が代表を引き継いだ。現在までの室内実験に基づく検討は、引き続き市原の主導により進めている。

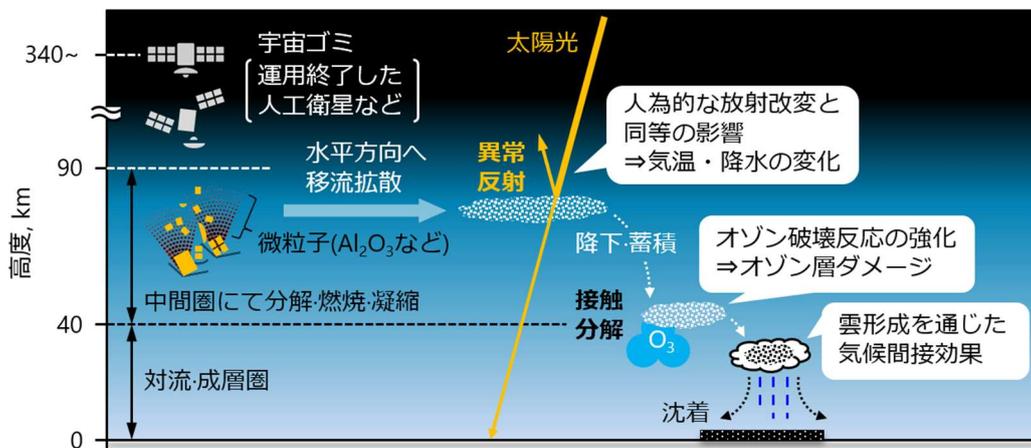


図1. 宇宙ゴミ由来のエアロゾルが地球大気に及ぼす影響

【今年度の活動および成果】

高エンタルピー気流生成部(図2)を有する大気圏再突入環境模擬装置を用いた粒子生成実験を実施した。この実験では、大気圏再突入時に生じる加熱環境を模擬すべく、直径1 m、直胴部長さ2.6 mの真空チャンバーの上流端フランジにアークプラズマ源を設置した。コンプレッサーより供給された作動ガス(空気、流量30 slm)はノズル型陽極とハフニウム陰極との間で生じるアーク放電(投入電力1.9 kW)により加熱され、設計Mach数5.7の超音速ノズル(出口直径20 mm)を介して加速・排気される。宇宙ゴミを模した供試体(純アルミ製球体、直径6 mm)はノズル出口から下流5 mmの位置にノズルと同軸上となるよう設置した。アークプラズマ源作動時のチャンバー内圧力および供試体表面温度はピ

ラニ真空計と放射温度計を用いてそれぞれ測定した。発生した粒子は供試体下流端より10 mmの位置に設置した銅板（実効捕集面積38 mm²，厚さ0.2 mm）に捕集し，電子顕微鏡観察およびエネルギー分散型X線分光法による元素分析を行った。

アークプラズマ源作動時のチャンバー内圧力を123 Paとした場合のある時刻におけるサーモカメラによる供試体表面温度測定結果と元素分析を含む捕集粒子の電子顕微鏡画像とをそれぞれ図3,4に示す。アークプラズマ源が作動すると同時に供試体表面温度は上昇し，純アルミの融点を上回る最高1504℃となった。捕集されたアルミ粒子は銅や酸素原子と混在して離散的に検出され捕集版上でアルミ粒子が堆積する様子は見られなかった。

【まとめと展望】

これまで，大気圏再突入環境模擬装置の構築からエアロゾル粒子の発生と捕集，形態および組成の解析まで進んでいる。次年度以降は九州工業大学における粒子生成と捕集，名古屋大学での粒子分析とに分担し研究を進める予定である。また，学内外の関連研究者を交えたミーティングによる意見交換等を通し，宇宙ゴミ生成における太陽活動の影響や宇宙開発に係る複合的な環境影響の評価などを対象に発展させるプロジェクトの可能性について検討したい。

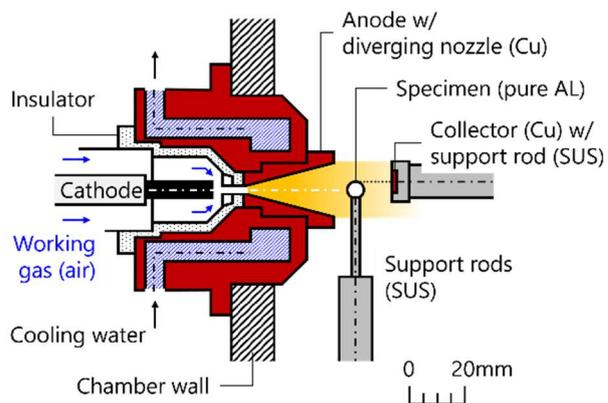


図 2. アーク源及び供試体・捕集板の概要図

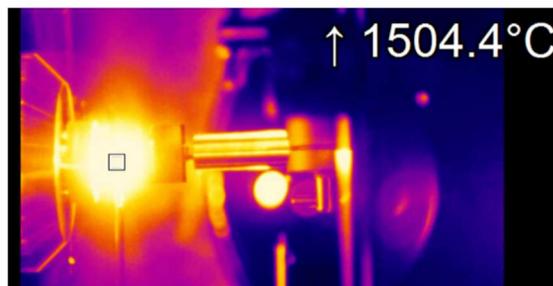


図 3. サーモカメラによる供試体表面温度の測定

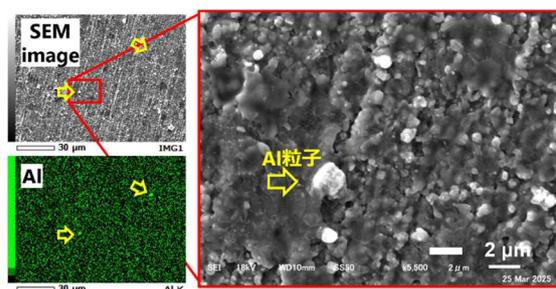


図 4. SEM-EDS による捕集粒子解析