

磁場勾配によって誘導される並進運動を用いた始原的隕石構成粒子の非破壊同定 Nondestructive identification of a single primitive-grain using the translational motion induced by field gradient

久好 圭治^{1*}, 澤野麗正¹, 田健登¹, 植田千秋¹
Keiji Hisayoshi^{1*}, Keisei Sawano¹, Kento Kuwada¹, Chiaki Uyeda¹

¹ 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

¹Institute of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University

始原的隕石は、起源の異なる多様な粒子の集合体であるため、SIMS や顕微ラマンなど様々なマイクロプローブ技術を駆使して研究が進められている。このような分析に先立って、隕石を構成する個々の粒子の物質識別を、非破壊で効率よく実施する手段が望まれる。近年、私たちは磁場勾配力による並進運動を利用した新しい磁化測定法を確立し、これに基づく物質同定法を提案した。すなわち重力の無視できる希薄な空間に開放した固体粒子は、その内部に誘導される磁気的エネルギーのため、永久磁石レベルの低磁場で、並進や回転を引き起こす。この運動は体積力に由来するため、同一の磁場分布の中では、粒子の質量に依存せず物質固有の磁化率のみに依存する。物質はそれぞれ固有の磁化率を持つので、この方法で得た磁化率を文献値と対応することで、単一粒子の物質識別ができる。これまでに私たちは mm ~ sub-mm サイズの反磁性粒子について、微小重力環境下の磁場勾配中に試料を解放し、試料の並進運動で得た磁化率が文献値と一致することを確認した。しかしながら隕石を構成する粒子の大多数は、sub-mm サイズ以下の常磁性体あるいは強磁性(フェリ磁性)体である。そこで今回、これらの条件の粒子に関しても上記の原理で物質識別が可能か、検証するための実験を進めた。

微小重力は前回に引き続き、室内型の小型落下ボックスを用いて発生させた。落下距離は 1.8m、有効な微小重力継続時間は 0.5 秒以下である。上記のボックスに観測装置を収納する必要があるため、装置の大きさを直径 30cm 以下に小型化した。具体的には小型のネオジム磁石プレートを使用した磁気回路を新たに導入することにより、試料の磁気並進運動の距離を約 2cm に縮小した。さらに、この距離の縮小により、粒子が終端速度に到達するまでの所要時間を 0.5 秒以下に短縮できた。

現在、磁化測定は SQUID や VSM で行うことが一般的である。しかしこれらの方法では、試料サイズの減少とともに、試料ホルダーからのバックグラウンド信号の寄与が顕著となる。また、試料の質量測定が不可欠であるが、これも 10 μg 以下では実施が難しい。これに対し、私たちが提案する方法では、原理上(試料の運動が観測可能な限り)無制限に小さい試料の磁化率を測定できる。

隕石に限らず、混合試料の分析の前段階として、物質の種類を非破壊で分離・同定することが望まれる。すでに有機化学・生化学の分野では、精密測定に先立ってクロマトグラフィにより、有機分子の混合物を分子量ごとに同定する技術が確立しているが、無機試料でも、有機物と同様の分析過程が望まれる。常磁性、強磁性およびフェリ磁性体で、磁気並進運動を用いた測定原理の有効性が確認されれば、ほぼ全ての固体物質で物質識別が実現することになる。

キーワード: 磁場放出, 非破壊同定, 微小重力, 並進運動, 磁化測定, 体積力

Keywords: magnetic ejection, nondestructive identification, microgravity, translational motion, magnetization measurement, body force