

微小重力下で反磁性鉱物粒子に誘起される磁気放出および回転運動

Magnetic ejection and rotation of diamagnetic minerals induced by a permanent magnet in microgravity

植田 千秋^{1*}, 久好圭治¹

Chiaki Uyeda^{1*}, Keiji Hisayoshi¹

¹大阪大学理学研究科

¹Graduate School of Sci. Osaka Univ.

自発磁化が磁場から受ける用は、磁場勾配の引力による並進運動と、磁氣的トルクによる回転運動、という2つの古典的な現象によって、古くから一般に広く認識され、それらは重要なデバイスに広く利用されてきた。しかし固体材料の中で圧倒的多数をしめる反磁性体については、重力および抵抗のためこれらの作用は観測されず、その利用法が検討されることもほとんどなかった。本研究では、微小重力の宇宙環境において一般の反磁性鉱物が、自発磁化同様の磁気活性を有することを、実験により検証する。

反磁性磁化率の異方性は電子密度分布の異方性に由来するとされ、ポーリングらによって有機物に関する議論が過去に進められた。しかし異方性の発生機構に関する考察は、無機結晶ではほとんど前例がない。近年、様々な反磁性鉱物が、反磁性磁化率の異方性に起因して1テスラ程度の低磁場で回転振動することが確認された。その周期から微弱な反磁性異方性が検出され、酸化結晶の異方性の測定値が集積された。それらの値を基盤として、異方性の発生機構に関する考察を行なった結果、個々の結合軌道に一定の異方性を割り当てることで、集積された測定値が矛盾なく説明された。固体は化学結合で構成されており、未測定のひとつほとんど全ての物質が有意の異方性を有する事が予想される。しかし現行の測定感度では、予想される値を検証できない。

上記の実験時に、磁場勾配力によって反磁性体に誘導される自由運動が、コランダム単結晶の観測された(1)。その運動は質量に依存せず、物質固有の反磁性磁化率と空間の磁場分布のみに依存する可能性が指摘された。今回、上記特性の有効性を検証する目的で、反磁性磁化率の大きく異なる数種の鉱物結晶について、磁場放出時の並進運動を観測した。具体的にはカルサイト、フォルステライト、アルファ型水晶、ダイヤモンド、シリコンカーバイド、金、グラファイトの単結晶(ミリメートルサイズ)を磁場中心近傍で初速度ゼロで開放し、放出速度から各々の磁化率を求めた。実験は日本無重量研究所(岐阜県土岐市)で行われ、微小重力継続時間は4.5秒であった(2)。磁場発生部として直径1.5cmの均一な磁場空間(B=1.18T)をもつ永久磁石(NEOMAX X-1466)が用いられ、並進運動はハイビジョンビデオカメラにより記録された。観測で得られた磁化率は文献値(3)とほぼ一致し、初期位置での磁氣的エネルギーが、端位置で完全に運動エネルギーに変換されることが確認された。永久磁石レベルの弱い磁場勾配による反磁性体の並進運動は、これまでの文献には見受けられない。

既存の磁化(および異方性)測定では、磁場空間内に試料を保持するホルダーからのノイズ信号、試料の質量計測、という2つの前提のために、試料サイズの減少と共に精密な測定が難しくなる。反磁性の場合、試料がサブミリ以下になると、上記ノイズのために試料からの信号が計測困難となる。一方、質量測定は100マイクログラム以下で計測が難しくなる。今回の方法は、これら2つの制限を受けず、試料の運動が観測できる限り、無制限に小さい試料の測定が原理的に可能である。すなわち既存の測定法では難しかった単一の微小試料に関する磁化測定および同定が可能となる(4)。

今回の磁化測定法では -2×10^{-7} から -5×10^{-6} emu/gの範囲の磁化率が観測されたが、過去の磁化率文献値(2)は、ほとんどがこの範囲内に分布する。すなわち大多数の自然物質粒子の同定が可能であり、地球深部・堆積物や始原的隕石を構成する単一粒子の同定・分析する有効な手法となりえる。また磁化の測定性能の向上で、これまで測定できなかった酸化物の値が得られ、反磁性の発生機構を解明する基盤が整うと期待される。近年、放射光による測定に基づいて、結晶を構成する電子の実空間における分布に関する精密な議論が展開されるようになった。上記の反磁性磁化のデータは、上記の議論を検証する相補的な手段となる可能性が指摘されている。

References (1) Hisayoshi, S. Kanou and C. Uyeda: J.Phys.:Conf.Ser., in press. (2) T.Iwakami and M.Nokura: J.Jpn.Soc.Microgravity Appl. 23 (2006) 186. (3) R. Gupta: "Landort Bornstein" New Series II (1983) 445. (4) C.Uyeda submitted.

キーワード:磁気放出,反磁性鉱物,微小重力

Keywords: magnetic ejection, diamagnetic mineral, microgravity