

磁場勾配による有機物の分別

大阪大学 理学部 生物科学科生命理学コース 福山 紘基

<研究動機と目的>

私は以前から天文学・特に宇宙の生命や太陽系の生命の起源に興味があり、大学の同じ学部の研究室が、太陽系の物質分布の起源に磁場が寄与する可能性・現在の太陽系内探査において磁場を用いて物質のダストの組成を非破壊分析できる可能性を研究していることを知り、この研究室で本研究を始めた。

先行研究はかんらん石や氷などの無機物質を扱っていたが、私は生命により深くかかわっている有機物質について、宇宙空間の磁場中で示す挙動を知りたいと考えた。そしてこの挙動と密接につながる事象として、宇宙空間のような微小重力中で、未知の有機物試料の識別・同定や混合物の分離を磁場勾配を用いて非破壊分析する手法について研究を行った。

<研究方法>

右図のように、初期磁場強度 B_0 の位置で解放された反磁性体の粒子は、磁気力を受けて磁場外へ運動する。この運動が終端速度に達するときにエネルギー保存が成り立つが、そのときの保存式を終端速度 v_T について変形すると、

$$v_T = B_0 \sqrt{|\chi|} \quad (\chi \text{ は磁化率と呼ばれる、物質固有の値})$$

となる。この式から、物質に磁場勾配が加わると、その試料物質は（同一の初期磁場強度では）物質の種類によって一定の終端速度で運動することが分かる。実際は地上では重力の作用が大きく、磁気力の作用を観察することは困難だが、本研究では磁石と試料・試料の運動を記録する高速度カメラを搭載した落下箱を実験室内で自由落下させることで、簡便に微小重力環境を生み出し試料の運動を観察することができた。

また、本研究のために高画質な高速度カメラの選定を要したが、産業用・研究用として企業向けに販売されている機種ではなく、本来趣味向けの天体観測に使われるカメラを用いて安価に研究を行えた。

このエネルギー保存の理論に基づく運動が有機物でも広く見られるかどうかを調べ、そのうえでこの磁気並進運動から物質の種類の同定・混合物の分離が可能か調べた。

<結果・考察>

下図左の連続写真のように、有機物試料（写真は白色試料がセルロース、黒色試料がグラファイト）でも磁場勾配中での磁気並進運動が確認できた。また、グラファイトはセルロースの10倍近く大きな反磁性磁化率を持つが、その差は運動速度の違いとして現れている。また、測定した速度から求めた磁化率の文献値との比較を下図中・下図右に示す。ここから、磁化率 10^{-8} emu/g の違いを識別できていることが分かった。

<今後の展望>

本研究で示された有機物の磁場勾配下での運動は、惑星科学において太陽系の有機物分布を議論する新視点となりうる。また、本研究の結果は自然界の有機物の多くの範囲で物質の種類を大まかに絞り込んで同定できる可能性を十分に示している。このことは分析化学において、有機物ダストを固体のまま“クロマトグラフィー”にかけることのできる手法として応用が考えられる。一例として、元々微小重力環境下で運用される宇宙探査機の分析機器の原理として利用し、採集試料をその場で詳細に分析することに応用できる。

