

Meteorite paleomagnetism constrains the early stage of protoplanetary disk

植原 稔 [1]; 中村 教博 [1]

Minoru Uehara[1]; Norihiro Nakamura[1]

[1] 東北大・理・地学

[1] Geo-Environmental Sci., Tohoku Univ.

小惑星や隕石そして彗星は、微惑星形成から原始惑星形成の途中で進化が止まってしまった惑星のなり損ない、原始太陽系星雲の化石である。昨年1月に彗星探査機スターダストが短周期彗星 (Wild 2) の塵を持って帰ってきた (A'Hearn, 2006)。現在の太陽系が、太陽からの距離に従い地球・木星・海王星の様に構成物質が全く異なるため、原始太陽系は軌道の半径方向ではあまり混ざらなかつたと考えられていた。しかし驚くべき事にこの塵は、加熱を受けていない太陽系前駆物質に加え太陽に近い「熱い」領域で加熱を受けた隕石中の CAI に似た物質も同時に含んでおり、原始太陽系初期の進化過程に太陽付近で出来た物質が海王星軌道まで輸送される様な非常に大規模な物質循環が存在したという大きな謎を突きつけた (Brownlee et al., 2006)。このような大規模循環は、原始太陽の磁気遠心力によって起こる風が原始太陽系星雲の内側の物質を外側に吹き飛ばすという X-Wind モデルで説明できるとされている。このモデルでは、原始太陽系星雲に 100~1000 uT 程度の強い磁場が必要であるため (Shu et al., 1996, 2001)、当時の磁場強度がこの大規模循環の謎の解くカギとなる。隕石は原始太陽系星雲で細かい塵が溶融・冷却して形成され、この時原始太陽系磁場を金属相に熱残留磁化として記録する。したがって、隕石の残留磁化より復元された古磁場強度には強い磁場の証拠が残っているはずである。しかし、隕石の残留磁化と復元された古磁場強度については未知の部分が多く、本当に 100~1000 uT の磁場が存在していたのか実はわかっていない。

岩石学的タイプが4以上の隕石は熱変成により母天体中で磁場を獲得しているため、岩石学的タイプ3以下の隕石が初生的な熱残留磁化を保存していると考えられる。しかし、タイプ3以下の炭素質コンドライト隕石の古磁場強度は 0.2 uT ~1600 uT (平均値 150 uT) および 10 mT、普通コンドライト隕石では 0.5 uT ~140 uT (平均値 33 uT) と広範囲の値を取り、全体的に理論値よりも低い値を示す。この原因として、従来のバルク測定では化学変成時の磁場を獲得している磁性粒子も同時に計測しているため古磁場強度が不正確である、隕石中の磁性鉱物一つ一つがランダムな方向を向いているため、見かけ上古磁場強度が低く見積もられすぎている、あるいはこれらの古磁場強度は正しく実際に原始太陽系の磁場強度はまちまちであった、という可能性が考えられるが結論は出ておらず、原始太陽系の磁場強度は確定していない。これらの問題点は、隕石に多数含まれる直径 1mm 以下の磁性鉱物のうち、一体どの粒子が確実に当時の磁場を記録しているか特定することにより解決できる。そこで、自作した磁気インピーダンス (MI) 走査型磁気顕微鏡と走磁性バクテリアを用いて隕石表面の磁気構造の観察を行った。

測定に使用した磁気顕微鏡の性能は空間分解能約 500 um、磁気分解能 10~50 nT である。観察には大きさ約 2cm 四方、厚さ 1~3mm に成形したサンプルを用い、表面より 300~500 um 上空の垂直上向き磁場の強度をマッピングした。その結果、Rumanova (H5), DaG 478(L6), St. Severin (LL6) といったタイプ5~6の隕石の表面磁場構造は比較的単純であり、ほぼ均質な背景磁場中に明瞭な複数の双極子磁場が容易に確認できた。それに対して Allende (CV3), NWA 1756 (LL3.1) といったタイプ3の隕石の背景磁場は複雑な構造を示し、タイプ5~6よりも小さい複数の双極子磁場がその中に確認できた。NWA 1756 (LL3.1) について電子顕微鏡像と得られた磁気像を比較し、さらにS極方向に走る走磁性バクテリアを用いて観察したところ、隕石内に多数存在する磁性鉱物のうち、特定の金属粒子 (カマサイト) のみが強く磁化しており、その磁化ベクトルはバラバラな方向を向いていることがわかった。この結果は、これらの粒子が隕石内で強い磁場や熱変成によって均質には再磁化されていない事を示し、原始太陽系磁場をよく保存していることを示唆する。将来、このような金属粒子が磁氣的に安定であることを示し、その上で古磁場強度復元実験を行うことにより、かなり正確な原始太陽系磁場強度が復元できると期待される。