

鉄の再磁化に関する温度 時間関係: 始原的普通コンドライト隕石磁化の場合

植原 稔 [1]; 中村 教博 [1]
[1] 東北大・理・地学

Time-temperature relations for the remagnetization of iron and the origins of primitive ordinary chondrites

Minoru Uehara[1]; Norihiro Nakamura[1]
[1] Geo-Environmental Sci., Tohoku Univ.

We examine the effects of thermal remagnetization in the primitive ordinary chondrites using theoretical time-temperature relation of single domain kamacite. A part of kamacite grains in the primitive ordinary chondrites appear to preserve paleonebular magnetic fields as Thermal Remanent Magnetization (TRMs) when they were cooled through their Curie temperature. However, the kamacite grains have suffered from thermal alterations at metamorphic temperatures at 250-450°C for ~100 Myr in their meteorites' parent-body asteroid. This long metamorphic duration may re-magnetize the primary TRM, which may result in misleading interpretations of the timing of remanence and the paleofield intensity in the early solar nebula. The theoretical time-temperature relation of single domain kamacite suggests that a paleomagnetic data of kamacite grains above 490°C is reliable despite the long-time duration of the most primitive ordinary chondrites (e.g., LL3.0).

岩石学的タイプが 3.0-3.4 の始原的普通コンドライト隕石には、原始太陽系で形成された主にカマサイト ($\sim 10\text{ wt\% Ni}$ の Fe-Ni 合金) よりなる金属相を、コンドリユールと呼ばれる直径 1mm 程度の球状結晶集合体の内外にそのままの状態に保存している。コンドリユールと同時に形成されたカマサイト粒子は、原始太陽系ダスト雲中の前駆物質が高温過程によって熔融し、キュリー点以下に急冷する際、当時の磁場を熱残留磁化として記録する。したがって、原始太陽系ダスト雲中の磁場環境を推定できる唯一の物証である。これまでの研究では、始原的普通コンドライト隕石の自然残留磁化は、変成温度が 250 ~ 450 °C とカマサイトのキュリー点である 760 °C よりも十分低いため、初生的な熱残留磁化であると考えられてきた (Sugiura and Strangway, 1982)。一方で、カマサイト粒子は隕石母天体中で熱・化学的な変成作用を受けたため、二次的な残留磁化を獲得した可能性がある。Uehara and Nakamura (2006) の実験的研究により、コンドリユール中に存在する $\sim 1\mu\text{m}$ のカマサイト微粒子が橄欖石中に密集した "dusty olivine" はコンドリユール形成時に熱残留磁化を獲得し、さらに磁氣的・化学的な変質に強い事を示した。しかし、最大で 1 億年程度続いた (Hutchison, 2004) 母天体での熱変成の影響は今まで定量的な見積もりがなされてこなかった。したがって、将来原始太陽系の古磁場強度をテリ工法などによって読み取るためには、まずカマサイト粒子の初生的な熱残留磁化が何度の変成温度まで生き残るかを調べる必要がある。

ネールの単磁区粒子の熱活性化理論によると、長時間で低温の加熱は、短時間で高温の加熱と等価である (Dunlop and Buchan, 1977)。そのため、母天体変成作用が 250 °C で 1 億年の継続期間中に獲得しうる部分熱残留磁化は、実験室の時間スケール (数十分) ではより高温でないと消磁できない。また、初生的な熱残留磁化はキュリー点より急冷した時に獲得したので、プロッキング温度スペクトルはキュリー点付近に分布するであろう。したがって、この部分熱残留磁化のアンプロッキング温度とキュリー点との間の温度が初生的な熱残留磁化が生き残れる範囲となる。そして、このアンプロッキング温度がキュリー点近傍になると、初生的な熱残留磁化は完璧に上書きされてしまう。熱変成時間とアンプロッキング温度との定量的な関係は、Pullaiah et al. (1975) および Dunlop and Buchan (1977) の理論的研究によりプロッキングダイアグラムとして表された。よって、隕石の変成温度と時間が既知であれば、熱変成起源の部分熱残留磁化が実験室において何度で消磁できるかを推定できる。しかし、これまでマグネタイト・ヘマタイト・ピロタイトのダイアグラムは作成されていたが、以外にもカマサイトについては研究がされていなかった。一方、今年 Garrick-Bethell and Weiss (2006) により単磁区カマサイト粒子のプロッキングダイアグラムが初めて作成され、隕石の熱変成史と粘性残留磁化の獲得について定量的な議論が可能となった。そこで、今回この単磁区カマサイト粒子のプロッキングダイアグラムを用いて、普通コンドライトの初生的な熱残留磁化が始原的普通コンドライトの母天体における熱変成を回避できるか、定量的に見積もった。

始原的普通コンドライトの変成温度は、最も始原的な Semarkona(LL3.0) で 250 °C (Alexander et al. 1989)、次に変成度の低い Bishunpur (LL3.1) で 300 ~ 400 °C (Rambaldi and Wasson, 1982)、そして変成の進んだ Chaipur (LL3.4) で 450 °C (Huss and Lewis, 1994) 程度である。この加熱時間と温度の熱変成によって着磁した部分熱残留磁化の実験室で約 15 分加熱したとき、Garrick-Bethell and Weiss (2006) の単磁区カマサイト粒子のプロッキングダイアグラムにより、それぞれ 490 °C、570 ~ 600 °C、630 °C で消磁される事がわかる。この温度はカマサイトのキュリー点である 760 °C よりも低い。したがって、もし化学的な変質が無かったと仮定すると、LL3.0 の様な最も始原的な普通コンドライト中の "dusty olivine" 中のカマサイト粒子は、490 ~ 760 °C の残留磁化成分に原始太陽系の古磁場環境を保存している事が示唆される。