

赤褐色黒曜石中の巨大な保磁力をもつ luogufengite (ϵ -Fe₂O₃)

福間 浩司 [1]; 佐野 恭平 [2]

[1] 同志社大・理工; [2] 兵庫県立大・地域資源マネジメント

Giant coercivity of luogufengite (epsilon-Fe₂O₃) found in reddish brown obsidians

Koji Fukuma[1]; Kyohei Sano[2]

[1] Dept. Env. Sys. Sci., Doshisha Univ.; [2] Regional Resource Management, Univ. Hyogo

Luogufengite (ϵ -Fe₂O₃), a new mineral approved in 2016, is a polymorph of hematite (α -Fe₂O₃) and maghemite (γ -Fe₂O₃). Synthetic ϵ -Fe₂O₃ has been sintered at intermediate temperature required for maghemite and hematite, and the magnetic property was marked by the unusually high coercivity around 2 T. Some pottery sherds contain ϵ -Fe₂O₃. This time we found and characterized luogufengite from reddish brown obsidians in Shirataki, Hokkaido and in Davis Creek, California.

A hallmark of luogufengite is the Curie temperature of 220 degC, which is undoubtedly distinguished from those of coexisting magnetite and hematite. Cycling of thermomagnetic measurements exhibited gradual increase of magnetization after cooling down to room temperature until the maximum temperature reached 230 degC. In some samples this magnetization enhancement induced by heating is exceptionally enormous by several orders of magnitude. Hysteresis measurement by using MPMS proved the extremely high coercivity nearly 1 T at room temperature. Cooling down to 10 K, coercivity showed a broad peak around 200 K and decreased rapidly below 50 K. Low temperature cycling, where 5 T IRM imparted at room temperature was cooled down to 5 K, exhibited a faint kink around 50 K, and little gain or loss of magnetization was observed after warming back to room temperature. This low temperature behavior may be another key for identifying luogufengite. When coexisting with magnetite, 100 K transition of maghemite was detected instead of the Verwey transition at 120 K.

Thermal demagnetization of natural remanent magnetization of the reddish brown obsidians showed two distinct spectrum of unblocking temperature carried by luogufengite and magnetite, but the magnetization directions were indistinguishable and no viscous magnetization was observed. This behavior indicates that luogufengite is capable of carrying a stable remanent magnetization. Although the unblocking temperature of luogufengite is mostly distributed below 200 degC due to the low Curie temperature, the giant coercivity ensures the stability of the remanence over a geological time scale without disturbed by viscous magnetization.

Luogufengite is a new magnetic mineral capable of carrying paleomagnetic signals. Although luogufengite was previously identified after dissolving scoria by a NaOH solution and separating it by a hand magnet, the reddish brown obsidians can supply bulk samples containing luogufengite without any processing. Along with the unique magnetic properties of low Curie temperature and giant coercivity of luogufengite, the bulk samples provided opportunities to show stable remanent magnetization carried by luogufengite. Not restricted to reddish pottery sherds, luogufengite can be a stable remanence carrier in rocks formed in oxidized condition.

2016年に承認された新鉱物である luogufengite (ϵ -Fe₂O₃) は、ヘマタイト (α -Fe₂O₃) とマグヘマイト (γ -Fe₂O₃) の多形です。合成された ϵ -Fe₂O₃ はマグヘマイトとヘマタイトの中間の温度で焼結されており、磁気特性は 2 T 付近の異常に高い保磁力を特徴としています。また、いくつかの陶器は ϵ -Fe₂O₃ を含んでいます。今回、北海道の白滝とカリフォルニアの Davis Creek で赤褐色の黒曜石から luogufengite を発見し、様々な磁気測定を行いました。

luogufengite の特徴は 220 °C のキュリー温度であり、それは共存するマグネタイトとヘマタイトと間違いなく区別されます。熱磁気測定のサイクルは、最高温度が 230 °C に達するまで室温まで冷却した後に磁化の増加を示しました。いくつかのサンプルでは、加熱によって引き起こされるこの磁化の増加は数桁に達するほど大きなものでした。MPMS を用いたヒステリシス測定により、室温で 1 T 近くの極めて高い保磁力が明らかになりました。10 K まで冷却すると、保磁力は 200 K 付近で緩やかなピークを示し、50 K 以下で急速に減少しました。室温での 5 T IRM の低温サイクルは、50 K 付近でわずかなキックを示し、室温に戻した後に磁化はほとんど増加も減少も示しませんでした。この低温での挙動は、luogufengite を同定するための別の鍵となる可能性があります。マグネタイトと共存する場合には、120 K での Verwey 転移の代わりに 100 K 転移が検出されました。

赤褐色黒曜石の自然残留磁化の熱消磁は、luogufengite とマグネタイトによって担われた 2 つの明瞭に分かれたアンブロッキング温度スペクトルを示し、磁化方向は互いに識別不可能で粘性磁化は観察されませんでした。この挙動は、luogufengite が安定した残留磁化を担うことができることを示しています。luogufengite のアンブロッキング温度は低いキュリー温度のために大部分 200 °C 以下に分布していますが、巨大な保磁力は粘性磁化によって乱されることなく地質学的時間スケールにわたって残留磁化を安定に保持できることを可能にしています。

luogufengite は古地磁気の情報を持つことができる新しい磁性鉱物です。これまではスコリアを NaOH 溶液で溶解し磁気分離した後に同定されていましたが、赤褐色黒曜石は何の処理もせずに luogufengite を含有するバルク試料を供給できます。低いキュリー温度と巨大な保磁力という luogufengite のユニークな磁気特性により、バルク試料は luogufengite によって担われた安定な残留磁化を示す機会を提供しました。赤みを帯びた陶器の破片に限定されず、luogufengite は酸化状態で形成された岩石中の安定した残留磁化のキャリアである可能性をもっています。