

火星隕石中カンラン石の電子顕微鏡観察による鉄ナノ粒子観察 Investigation of iron-nanoparticles in Martian meteorite olivine using electron microscopy

竹之内 惇志^{1*}, 小暮 敏博¹, 井上 紗綾子¹, 三河内 岳¹

Atsushi Takenouchi^{1*}, Toshihiro Kogure¹, Sayako Inoue¹, Takashi Mikouchi¹

¹ 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻

¹Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo

1. はじめに

火星隕石,特にシャーゴットイトに含まれるカンラン石は強い衝撃作用により黒色化しており,また吸収スペクトルや磁化率が元のカンラン石とは異なることが知られている.これらの変化の原因はカンラン石中に晶出した平均20nm程度の大きさの鉄ナノ粒子であることが指摘されている [1,2]. また, Van de Moortele et al. [2] の磁化率測定によると,鉄ナノ粒子の鉱物種が金属鉄だけでなく磁鉄鉱の存在が示唆され, Kurihara et al. [3] は観察で実際に磁鉄鉱が観察されたことを報告した. また, 三河内他 [4] は衝撃実験によりその選択が上昇温度の違いによって起こることを示した. しかし,これらの鉄ナノ粒子の形成過程や衝撃圧・温度との関係は詳しくわかっていない. 本研究は金属鉄と磁鉄鉱の2種類の鉄ナノ粒子が共存すると言われているレールゾライト質シャーゴットイト Northwest Africa 1950 (NWA1950) 隕石を,最新の電子顕微鏡手法により詳細に調べることで,この問題に関して新たな知見を得ることを目的とした.

2. 試料・手法

今回用いた試料はNWA1950隕石であり,主要構成鉱物はカンラン石(約55wt%),輝石(約35wt%),マスケリナイト(約8wt%)である [5]. カンラン石は黒色化しているが,その色づきにはそれぞれの粒子内でもばらつきがある.

観察には走査型電子顕微鏡(SEM),透過型電子顕微鏡(TEM),走査透過型電子顕微鏡(STEM)を主に用いた. SEMの観察では電子線後方散乱回折(EBSD)を用いた結晶方位の特定やエネルギー分散型X線分析(EDS)による元素分析を行った. TEMでは粉碎試料と収束イオンビーム(FIB)法により切り出した薄膜試料を用いて制限視野電子回折やナノ電子回折,高分解能TEM像による格子間隔測定により鉄ナノ粒子の鉱物種の同定を行った. STEMでは広角円環状検出暗視野(HAADF)検出器によりZコントラスト像の観察や,EDSにより組成像を取得した.

3. 結果

粉碎試料のTEM観察では従来報告されていた数十nmの鉄ナノ粒子とともに,100nmを超える不定形?自形の大きな金属鉄粒子が観察された.他にも周囲を殻状の磁鉄鉱で囲まれた金属鉄粒子がひとつの結晶片でのみ観察された.次に岩石薄片のSEM反射電子像によってこのような大きな金属鉄粒子の分布を調べた.その結果,カンラン石母結晶内に三次元的に見ると板状であると思われるFeの多いカンラン石の領域と,その中にそれと斜めに交差するように鉄を多く含む粒子が配列する構造が観察された. EBSDで結晶方位を測定すると,この板状カンラン石の領域は母結晶の(100)などの結晶面に沿って形成されていた.この領域をより詳細に観察するためにFIB法で薄膜試料を作製し,TEM/STEMによる観察を行った.これによりSEMで観察された粒子は厚さ数十nmの薄膜状の形態を持ち,ナノ電子回折より金属鉄であることが確認された.さらにSTEMのZコントラスト像により,薄膜状金属鉄を含む板状のカンラン石の領域には金属鉄ナノ粒子は含まれないこと,板状のカンラン石の周囲には糸状の金属鉄微粒子の存在も確認された(図1).またSTEMによる組成像でも金属鉄の周囲にシリカの多い領域等は見られなかった.

4. 結論

今回の観察ではSEMとTEM,STEMを組み合わせることによって,様々な金属鉄粒子の形態が見つかり,それらのカンラン石母結晶における分布などが明らかにされた.また金属鉄を包有する磁鉄鉱という興味深い構造も見つかった.これらの粒子のさらなる観察・解析により衝撃変成時における温度圧力履歴の解明やリモートセンシングの分野での応用が期待される.

参考文献

[1] Treiman A. et al., 2007, J. Geophys. Res. 112, E04002, doi:10.1029/2006JE002777. [2] Van de Moortele B. et al., 2007, Earth Planet. Sci. Lett. 262, 37-49. [3] Kurihara T. et al., 2009, 40th LPSC, #1049. [4] 三河内 岳ら, 2011, 日本惑星科学会誌, 20, 61-68. [5] Mikouchi T., 2005, Meteorit. Planet. Sci., 40, 1621-1634.

キーワード: 火星隕石, カンラン石, 電子顕微鏡, 衝撃, ナノ粒子

Keywords: Martian meteorites, olivine, electron microscope, shock, nanoparticle

PPS24-P16

会場:コンベンションホール

時間:5月23日 18:15-19:30

