

圧力によるマグネタイト多磁区粒子の磁氣的性質への影響

佐藤 雅彦 [1]; 望月 伸竜 [2]; 山本 裕二 [3]; 西岡 孝 [4]; 小玉 一人 [5]; 綱川 秀夫 [6]

[1] 東工大・理工・地惑; [2] 熊本大先端機構; [3] 高知大・海洋コア; [4] 高知大・理・物理; [5] 高知コアセンター; [6] 東工大・理・地惑

Effect of pressure on magnetic properties of multi-domain magnetite

Masahiko Sato[1]; Nobutatsu Mochizuki[2]; Yuhji Yamamoto[3]; Takashi Nishioka[4]; Kazuto Kodama[5]; Hideo Tsunakawa[6]

[1] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH; [2] Kumamoto University; [3] CMCR, Kochi Univ.; [4] Physics, Kochi Univ.; [5] Kochi Core Center, Kochi Univ.; [6] Dept. Earth Planet. Sci., Tokyo TECH

Recent explorations of the terrestrial planets have revealed that there are many magnetic anomalies which probably recorded their ancient environment of the magnetic field (Acuna et al., 1999; Richmond and Hood, 2008). Results of the magnetic anomaly pattern analysis indicate that the depth of the magnetized layer on Mars is more than 30 km (Nimmo and Gilmore, 2001; Langlais et al., 2004). In order to understand the origin of these magnetic anomalies, it is important to know how pressure effect on the magnetic properties of magnetic minerals. Recent developments of experimental technology enable us to measure sample magnetizations under pressure (Gilder, 2006; Bezaeva et al., 2010). Then we carried out the rock magnetic experiments under pressure. Because magnetic minerals in the rock which generated in the deep crust may have large grain size, we focus on the behavior of the multi-domain grains under pressure.

Natural magnetite is prepared by hand crushing large single crystal, and 45-60 μm grains are prepared by sieving. The powders of magnetite are dispersed in magnesium oxide. The pressure cell is made of CuBe, NiCrAl-alloy and zirconium oxide. Samples are placed into a Teflon capsule and filled with magnesium oxide. To evaluate the pressure inside the cell we used indium chip placed into the cell whose transformation temperature is a known function of pressure.

We observe the magnetization of powder samples continuously during cooling and warming in a slightly weak DC field (2 mT) or zero-field by using MPMS. There are two types of experimental sequences: (1) field warming by warming from 10 K to 300 K in a DC field after cooling in zero-field, (2) field cooling by cooling from 300 K to 10 K in a constant DC field followed.

Changes in magnetization intensity curve are observed during both sequences under pressure. Under atmospheric pressure, the sample magnetizations are almost constant below and above the Verwey transition temperature (T_v) during field warming, and the magnetization rise sharply at T_v . On the other hand, under high pressure, there is a steady increase in magnetization in approaching T_v from below, followed by a gradual decline from T_v . After decompression, the magnetization curves are the same as atmospheric pressure experiment during field warming. We also measure hysteresis parameters (M_r , M_s , H_c , H_{cr}). This time, we discuss these experimental results.

惑星探査の結果、月や火星などの地球型惑星で多くの磁気異常が見つかっている (Acuna et al., 1999; Richmond and Hood, 2008)。これらの磁気異常の成因を知ることで、惑星の変動史に関する情報を得ることができるが、その多くについては未解明である。磁気異常パターンの解析の結果によれば、磁気異常ソースは惑星表面に限らず、数 km 以深の岩石の磁化による可能性が指摘されている (Nimmo and Gilmore, 2001; Langlais et al., 2004)。地下数十 km での岩石の磁化を考えるには、磁性鉱物の岩石磁気学的性質の温度・圧力依存性を考慮する必要があるが、圧力によるキュリー温度変化以外は、ほとんどデータが無かった (Shult, 1970)。近年の測定技術の向上により、高圧下でのその場残留磁化測定が可能になり、圧力による残留磁化消磁実験の結果が報告されている (Gilder et al., 2006; Bezaeva et al., 2010) が、まだその系統的理解には至っていない。そこで本研究では、MPMS 用高圧セルを用い、高圧下での磁性鉱物の岩石磁気学的性質の変化を測定した。地殻深部で形成された岩石中の磁性鉱物は粗粒であると推測されるので、本研究では多磁区粒子の高圧下での振る舞いに注目して実験を行った。

天然のマグネタイト単結晶を破砕し、メッシュを用い 45-60 μm サイズの粒子を取り出し

た。酸化マグネシウム粉末にマグネタイト粉末を分散させて実験試料とした。CuBe、酸化ジルコニウム、そして、NiCrAl 合金によって作成された圧力セルを用いた。試料はテフロンカプセル内に、圧力媒体の酸化マグネシウム、圧力マーカーのインジウムと共に封入した。試料部分の圧力は、インジウムの相転移温度の圧力依存性から求めた。

実験には MPMS を用い、2mT 程度の直流磁場中あるいは無磁場中で冷却・昇温する。以下の 2 種類のサイクルで連続的に試料磁化の測定を行った。

(1) 無磁場中で 300 K から 10 K まで冷却後、磁場中で 300 K まで昇温 (磁場中昇温)

(2) 磁場中で 300 K から 10 K まで冷却後、磁場中で 300 K まで昇温 (磁場中冷却・昇温)

加圧状態では、それぞれのサイクルで変化が観察された。磁場中昇温実験 (1) では、大気圧状態の試料は、Verwey 転移温度 (T_v) の前後では磁化がほぼ一定で、 T_v で急激に上昇した。一方、加圧状態では、 T_v 以下で徐々に磁化が上昇し、 T_v 以上では磁化が減少することが磁場中昇温サイクルで確認された。減圧後の常圧実験では、加圧前の試料と同様な振る舞いが観察された。

大気圧下の磁場中冷却・昇温実験 (2) では、 T_v 付近でピークが見られ、それ以外の温度範囲ではほぼ一定の磁化であった。加圧状態では、室温から 140 K では一定の後、 T_v に向けて磁化が急激に上昇し、 T_v 以下ではまた一定値となった。同試料について、ヒステリシスパラメーター (M_r , M_s , H_c , H_{cr}) の測定を現在行っている。今回は上記結果と合わせ、これらの実験結果について議論を行う。