The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Compositional dependence and pressure dependence of magnetic ordering of (Mg1-XFeX)O
Author(s)	藤井, 敦大
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/60096
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【57】

氏　　名	藤　井　敦　大（ふじ い あつ ひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理学）
学　位　記　番　号	第　２５８３８　号
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 理学研究科宇宙地球科学専攻
学　位　論　文　名	Compositional dependence and pressure dependence of magnetic ordering of $(Mg_{1-x}Fe_x)O$ （$(Mg_{1-x}Fe_x)O$ の磁気秩序における組成依存性及び圧力依存性）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　近藤　　忠 （副査） 教　授　川村　　光　　教　授　中嶋　　悟　　准教授　谷口　年史 准教授　寺崎　英紀

論　文　内　容　の　要　旨

$(Mg_{1-x}Fe_x)O$ は地球下部マントルの主要鉱物の一つと考えられており，また遷移金属単酸化物の希釈磁性体であることから，その基本物性を調べることは重要である．その端成分である FeO は反強磁性転移と B1-rhombohedral 構造相転移の関連性が議論されている．一方，$(Mg_{1-x}Fe_x)O$ の磁性は反強磁性転移以外にもスピングラス転移など複雑な挙動を示し，正確には調べられていない．また，$(Mg_{1-x}Fe_x)O$ の高圧下 B1-rhombohedral 構造相転移は Mg 濃度や応力状態によって条件が異なり，反強磁性転移との関連性も考察されていない．そこで本研究では，常圧下における磁気秩序の組成依存性及び反強磁性転移の圧力依存性について調べ，反強磁性転移と構造相転移の関連性について考察を行った．試料は組成が，$X = 0.20$, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.70, 0.75, 0.80, 0.95 になるように Fe_2O_3 と MgO を混合し，雰囲気炉で合成した．合成した試料は粉末 X 線回折や SEM-EDS で同定した．磁性測定には Superconducting Quantum Interference device (SQUID, MPMS-7

or MPMS-XL, Quantum design)を用いた．常圧下では，零磁場冷却及び磁場冷却した後の昇温過程での帯磁率(χ)の温度(T)依存性，χ-T曲線の磁場依存性，交流帯磁率の温度依存性を測定した．その結果，$(Mg_{1-X}Fe_X)O$ ($X \geq 0.70$)では反強磁性転移，さらに低温でリエントラントスピングラス転移が観測された．一方$(Mg_{1-X}Fe_X)O$ ($X \leq 0.50$)ではスピングラス転移のみが観測された．$(Mg_{0.40}Fe_{0.60})O$ではそれらの中間的な挙動が観測され，反強磁性からスピングラスへの臨界組成になっていると考えられる．またすべての組成範囲に渡って超常磁性クラスターの存在を示唆する挙動が見られた．反強磁性転移の圧力依存性測定は，SQUID 対応型ピストンシリンダー圧力セル(< 1.27 GPa)を用い，$(Mg_{0.30}Fe_{0.70})O$，$(Mg_{0.25}Fe_{0.75})O$，$(Mg_{0.20}Fe_{0.80})O$の組成について行った．全て組成で反強磁性転移温度は圧力とともに上昇することが確認された．ただし，圧力媒体が固化する場合に限り非静水圧の影響により転移温度が減少する傾向が見られた．非金属磁性体における磁気転移温度の圧力依存性は Bloch の経験則として良く調べられているが，FeO 及び$(Mg_{1-X}Fe_X)O$についてはその経験則に当てはまらなかった．測定した磁気相境界を室温下まで外挿すると，$(Mg_{0.25}Fe_{0.75})O$ と $(Mg_{0.20}Fe_{0.80})O$ では先行研究で報告されている準静水圧下での構造相転移条件と良く一致する．よって$(Mg_{1-X}Fe_X)O$ ($X \geq 0.75$)の B1-rhombohedral 構造相転移は反強磁性秩序によって引き起こされると考えられる．

論文審査の結果の要旨

(Mg,Fe)Oは地球下部マントルの主要鉱物と考えられており、高圧条件で結晶構造・磁気構造の様々な相転移を起こすことが知られている。端成分であるFeOがこれらの転移について多くの研究例がある一方で、より地球内部で現実的な組成を持ちFeOの希釈系で有ると考えられる(Mg,Fe)Oでは、基本的な磁気転移の振る舞いもよく分からず、構造転移と磁気転移が重要な関係を持つと推察される一方で、直接的な磁気転移に関する測定例は非情に限られている。申請者は(Mg,Fe)Oの基礎物性、及び磁気秩序と構造相転移との関連性を明らかにすることを目的とし、超伝導量子干渉素子（SQUID）を用いた磁化測定を行った結果、以下の点を新たに明らかにした。

常圧下における磁気相図を精密に作成し、Fe/(Mg+Fe)=0.5 付近の組成において、(1) 反強磁性転移温度(ネール温度)の組成依存勾配が折れ曲がり、Fe 高濃度側と低濃度側では磁気構造が異なることが示唆されること、(2) 反強磁性転移は Fe 低濃度側において Fe/(Mg+Fe)=0.13 付近で消失し、これが理論的なパーコレーション限界と一致すること、(3) 先行研究のメスバウアーによるネール温度報告より実際の転移点は低い温度であり、先行研究が平衡条件を見ていない可能性があることを示した。(1) に関して更に磁化履歴測定と交流磁化率測定を実施し、(4)反強磁性転移以外にスピングラス転移が存在する事を明らかにし、その組成依存を決定すると共に、(5) 極低温側では超常磁性クラスターの存在を示唆する結果を提示した。一方、$(Mg_{0.30}Fe_{0.70})O$，$(Mg_{0.25}Fe_{0.75})O$，$(Mg_{0.20}Fe_{0.80})O$の組成についてはピストンシリンダー型高圧セルを用いてネール温度の圧力依存性を測定し、(6) 全ての組成においてネール温度の圧力依存性を決定し、(7) 測定した磁気相境界を室温高圧下に外挿すると，先行研究で報告されている準静水圧下での構造相転移条件と良く一致することを明らかにし、$(Mg_{1-X}Fe_X)O$ ($X>0.75$)の試料では高圧下構造相転移は反強磁性秩序における磁気的相互作用によって引き起こされることを示した。

以上のように、本論文は(Mg,Fe)O の磁気転移に関して組成依存性と圧力依存性の総合的な観点から、包括的な解釈を与え、構造相転移との関係に新たな解釈を与えると共に、(Mg,Fe)O の詳細な磁気相図を初めて明らかにした。この結果はマントル鉱物学及び鉱物物理分野の研究に対して大きな寄与を行った。拠って、本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値を有するものと認める。