

論文題目要旨

学位申請者：二本木 克旭

論文題目： Magnetic-field induced phase transitions of triangular-lattice magnets under high pressures investigated with the magnetic-susceptibility probe developed by using an LC circuit (LC 共振回路を用いた磁化率測定プローブによる三角格子磁性体の圧力下磁場誘起相転移の研究)

論文要旨：

磁性イオンが三角形の頂点に位置する三角格子磁性体は、磁性イオン間に反強磁性的交換相互作用が働く時、十分低温において磁性イオンの基底状態が一意に決まらず、エネルギー的に拮抗した状態が多数存在する。この際、磁気異方性や量子揺らぎのような摂動が基底状態を決定する役割を持つ。このような磁性体は多彩な磁場誘起相転移現象を示すことが予想されている。さらに、圧力印加により磁気異方性や交換相互作用が変化し、新奇な磁気特性を示すことが近年報告されてきている。従って、これらの特異な磁気相の観測及び理解において、極低温、強磁場、高圧力を同時に作用させた複合極限環境下の実験研究は大変重要である。

従来のパルス強磁場-高圧力下磁化測定手法では、金属製圧力セルに誘起される渦電流によるジュール発熱や測定感度の問題により、極低温高感度が必要な磁性体の測定は困難であった。本研究では、圧力セルの改良やジュール発熱による試料の温度上昇の評価、そして測定感度向上のために LC 共振回路を用いた磁化率測定手法の開発等を行った。その結果、最低温度 1.4 K において、最大磁場約 50 T、最高圧力 2.1 GPa の強磁場・高圧力環境で三角格子磁性体の磁気転移の観測を可能にした測定プローブの開発に成功した。

この測定装置を用いて、三角格子磁性体の CsCuCl_3 と CsFeCl_3 の圧力下における磁場誘起の磁気特性を調べた。 CsCuCl_3 は $T_N = 10.7$ K 以下常圧で、磁場誘起の量子相転移を示す。本測定によって、圧力下で複数の磁場誘起量子相転移を観測した。さらに飽和磁場に至るまでの全ての転移磁場の圧力依存性から、交換相互作用等の圧力依存性を明らかにした。これにより、 CsCuCl_3 における圧力下磁場誘起量子相の発現は、圧力増加に伴う三角格子面間の交換相互作用の減少に主に起因していることが分かった。 CsFeCl_3 は、常圧約 33 T で予想外のメタ磁性転移を示す。このメタ磁性は基底状態 ($J = 1$) と励起状態 ($J = 2$) のレベルクロスに起因すると考えられているが、発現機構の詳細はよくわかっていなかった。本研究によって、1 GPa 以上の圧力下で、複数のメタ磁性状のステップが観測された。これは、圧力増加に伴う交換相互作用及び磁気異方性の変化によって、 $J = 1$ と $J = 2$ の状態が混成した複数の中間状態が発現したことを示唆している。

これらの研究成果は、複合極限環境下における物性研究の有用性を示し、将来様々な磁性体において新たな物理現象の発見に寄与することが期待される。