

# 論文審査の結果の要旨

氏名 山田将貴

本論文は全7章からなり、第1章は序論、第2章は研究の背景と目的、第3章は実験方法、第4章は磁化測定、第5章は電気抵抗測定、第6章は結果の考察、第7章はまとめが書かれており、磁場・圧力下における遍歴電子メタ磁性体 MnSi の磁氣的・電氣的性質について述べられている。

MnSi は、転移温度  $T_c = 29$  K の遍歴弱磁性体であるが、結晶構造(立方晶)の対称性から Dzyaloshinski-Moriya タイプの相互作用が働き、磁気構造は基底状態でヘリカル構造を示す。このような MnSi に磁場を印加すると、磁気構造はコニカル構造に変化し、 $B_f = 0.62$  T 以上で強制強磁性体構造をとることが知られている。一方、MnSi に圧力を加えると  $T_c$  は減少し、臨界圧力  $P_c = 1.5$  GPa 以上で磁気秩序が消失することが知られている。この時、 $T_c$  における磁気転移の型は、 $P < 1.2$  GPa で2次的であるが、 $P > 1.2$  GPa で1次的に変化する。 $P > P_c$  の非磁性領域では、低温での抵抗が非フェルミ液体的振る舞いをする事が示唆されている。また、高圧下での交流磁化率測定によると、 $P > P_c$  の常磁性領域において、磁化率に緩やかな極大を持つ事が報告されている。これらの現象は遍歴電子メタ磁性の特徴であり、MnSi は高圧下でメタ磁性転移を起こすことが予想されていた。実際に、臨界圧力直上で直流磁化測が行われており、常磁性状態からコニカル構造へのメタ磁性転移が観測された。しかし、その圧力変化や温度変化などの測定はなされておらず、メタ磁性の詳細はほとんど研究されていない。

本研究では、MnSi のメタ磁性の性質を明らかにするとともに、磁氣のおよび電氣的性質とメタ磁性との関係を明らかにする事を目的に、磁場および圧力下において磁化および電気抵抗の精密測定を行った。また、磁化測定用圧力装置および測定装置の開発も行った。

高圧下で各温度下における磁化曲線および各磁場下における磁化温度曲線から、4つの圧力領域  $P < P_t$ 、 $P_t < P < P_c$ 、 $P > P_c$ 、 $P \gg P_c$  においてそれぞれの B-T 磁気相図を決定した。2次の磁気相転移を示す  $P < P_c$  では、これまでの報告と同様に  $T < T_c$  で磁場を印加すると、ヘリカル構造、コニカル構造、強制強磁性構造の3つの磁気構造が現れることを、1次の相転移領域  $P_t < P < P_c$  では、 $T > T_c$  の常磁性領域で常磁性からコニカル構造へのメタ磁性転移が現れることを観測した。このメタ磁性転移は温度上昇と共に消失する。磁気秩序が消失する  $P > P_c$  の領域においても、低温から、常磁性からコニカル構造へのメタ磁性転移は観測され、温度上昇と共にヒステリシスが消失するが、 $P \gg P_c$  では、常磁性から強磁性状態へのメタ磁性転移が観測され、温度の上昇に伴いメタ磁性相は消失していく。これらの結果から、更に B-P 相図と P-T 相図を決定した。さらに得られた相図は、遍歴電子メタ磁性体における理論相図と大変良い一致を得られ、高圧下における MnSi のメタ磁性転移が遍歴電子を起こす転移であることを明らかにした。

さらに高圧下電気抵抗の測定から、 $P < P_c$  で  $T < T_c$  における低温領域で観測されたフェルミ液体的振る舞いが、 $P > P_c$  の圧力範囲では非フェルミ液体的振る舞いが観測されることを明らかにした。と同時に残留抵抗  $\rho_0$  は  $P = P_c$  で最大値を示すことから、この圧力  $P_c$  が量子臨界揺らぎが臨界点で最大となる量子臨界点である可能性を示唆した。この非フェルミ液体的振る舞いは、磁場を印加することによりフェルミ液体的な振る舞いへと変化する。この非フェルミ液体からフェルミ液体への転移磁場

はメタ磁性転移磁場と関連しており、磁場誘起の磁性秩序が形成されると量子臨界揺らぎが抑制されフェルミ液体的振る舞いが出現すると考えられる。磁気抵抗の測定結果より、 $P > P_c$ の圧力範囲において、弱磁場で磁気抵抗の極大が観測され、磁場に対してヒステリシスも見出された。これらの実験結果はメタ磁性転移によるものであると解釈でき、磁化測定の結果とも良い一致を示す。

以上のように、本研究では MnSi の高圧下磁化測定、電気抵抗および磁気抵抗測定を行い、その圧力誘起メタ磁性の特性を調べ、臨界圧力以上での非フェルミ液体的挙動とメタ磁性との関連性が始めて系統的に明らかにされた。また、極低温での高圧下磁化装置用圧力装置の開発も本研究の重要な成果である。

なお、本論分の一部は、後藤恒明氏および鹿又武氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験および考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）を授与できると認める。