異方性のごく小さな RKKY 型 Heisenberg スピングラス a-Gd_xSi_{100-x} の *H-T* 相図 ～カイラリティシナリオとの比較～

萬徳 伸之（磁気物性学教室）

スピングラス（SG）は強磁性的相互作用と反強磁性相互作用が混在・競合し、フラストレーションを持つ磁気的ループがランダムに分布している磁性体である。1972 年に AuFe や CuMn などの希薄磁性合金（いわゆるカノニカル SG）の交流磁化率の温度変化において鋭いカスプのような異常が観測されたことを皮切りに、数多くの実験的・理論的研究がなされ、SG 転移は新しいタイプの熱平衡相転移であることが指摘されてきた。それ以来、SG 転移と SG 秩序状態の本質を理解するためにダイナミクスの実験やシミュレーションを含む新規な理論研究がなされている。さらに SG は脳のモデルや情報圧縮の一方式などにも応用され、現在では複雑系の「プロトタイプ」としても重要な位置を占めている。しかし、それにもかかわらず本質的な性質のいくつかは未解決になっている。例えばカノニカル SG（Heisenberg SG）の相転移はこれまで、磁気異方性を含めた分子場理論によって説明されてきたが、相転移を表す臨界指数の値が実験と理論で大きく異なっていた。この値はむしろ磁性のほかに「カイラリティ（掌性）」というもう 1 つの自由度を導入した新しい理論「カイラリティシナリオ」によるものに近い。しかし、カイラリティシナリオの実験的検証は臨界指数の他には異常ホール効果の実験がある程度でそれほど多くない。さらに、これに異議を唱えるシミュレーションの結果もある。そこで本研究では、新たな実験的な検証法として実在系の Heisenberg SG の *H-T* 相図の振る舞いに注目した。しかし、これには異方性がごく小さい SG が必要とされる。最近、本研究室の先行研究において、アモルファス(a-)GdSi がこのような異方性がごく小さい Heisenberg SG である事を報告してきた。本研究ではこの a-GdSi 薄膜を検証に適した試料として RF マグネトロンスパッタ法で作製し、MPMS で精密な磁気測定を行った。その結果、a-Gd_xSi_{100-x}薄膜の x=11.6 と x=28.1 の *H-T* 相図においてこのシナリオ特有の振る舞いである「スピンカイラリティ分離(Δ)」が生じることが示唆された。これは、カイラリティシナリオを支持する結果である。一方、置換量 x~20 付近で Δ の増減が変化することが見出された。これは a-GdSi 薄膜の構造の変化に由来すると考えられる。

カミオカイト型酸化物$(Fe_{1-y}Zn_y)_2Mo_3O_8(0 \leq y \leq 1)$の磁気特性

箕輪　優利（磁気物性学教室）

近年、$(Fe_{1-y}Zn_y)_2Mo_3O_8$ $(0 \leq y \leq 1)$は電気分極を持つフェリ磁性体であることから、マルチフェロイック物質として注目されている。この物質は、ハニカム型格子を形成している。$Fe_{1-y}Zn_y$ 層とカゴメ型格子を形成している Mo 層が交互に積層した擬 2 次元構造を持つ磁性体である。ハニカム型格子面内の $Fe_{1-y}Zn_y$は、$Fe_{1-y}Zn_y$ O_4 四面体と $Fe_{1-y}Zn_yO_6$ 八面体が酸素を共有し交互につながっている。カゴメ型格子面内 Mo^{4+}は 3 つの Mo^{4+}でトライマーを形成しており、非磁性である。

先行研究において、$(Fe_{1-y}Zn_y)_2Mo_3O_8$ $(0 < y < 1)$は磁化の温度依存性及び磁化曲線において複数の磁気転移（多段磁気転移）が観測された[1]。しかし、この多段磁気転移の起源については未だ明らかになっていない。

我々は、多段磁気転移の起源を明らかにするために、$(Fe_{1-y}Zn_y)_2Mo_3O_8$ の良質な試料を作製し、その磁気特性について再検討した。その結果、零磁場冷却過程の磁化では、y = 1/6, 2/6, 3/6 ともにフェリ磁性転移と反強磁性転移が観測された。しかし、多段磁気転移は観測されなかった。$Fe_{1-y}Zn_y$ のハニカム型格子はフェリ磁性成分を持っており、フェリ磁性相においては、隣り合うハニカム型格子のフェリ磁性成分が平行に結合している。反強磁性相では、隣り合うハニカム型格子のフェリ磁性成分が反平行に結合している。y = 2/6, 3/6 の反強磁性相は、50 kOe 以下の磁場でフェリ磁性に磁場誘起相転移する。一方、y = 1/6 では、磁場誘起の反強磁性 - フェリ磁性転移は起こらない。

合成条件の違いにより、$(Fe_{1-y}Zn_y)_2Mo_3O_8$ (y = 1/6)試料の物性が変化することが、新たにわかった。磁化曲線の飽和磁化の値が理論値と一致する試料においては、多段磁気転移が観測されなかった。一方、飽和磁化が理論値よりも小さい試料においては、多段磁気転移が観測された。このことから、多段磁気転移の原因として四面体サイトの Zn の占有率が関係している可能性が考えられる。

[1] S. Nakayama, D. Akahoshi, *et al*.: J . Phys. Soc. Jpn. **80** 104706 (2011).

電子・ホールドープが多重臨界点近傍の $RBaMn_2O_6$ (R = Nd , Sm) の磁性に与える効果

宮崎　修輔（磁気物性学教室）

ペロブスカイト型 Mn 酸化物は超巨大磁気抵抗（CMR）効果を起こすことで知られている物質である。CMR 効果とは磁場印加によって電気抵抗が劇的に変化する現象の事である。Fe/Cr 多層膜における巨大磁気抵抗効果と比べて、CMR 効果は桁違いの電気抵抗の変化を示し、次世代の磁気センサーなどへの応用が期待されている。しかし、この CMR 効果の応用に向けた問題点として、ほとんどのペロブスカイト型 Mn 酸化物の CMR 効果の発現温度が室温以下である事が挙げられる。本実験ではこの問題を解決する為に、*A* サイト秩序型ペロブスカイト Mn 酸化物 $RBaMn_2O_6$（R = 希土類）に注目した。この物質は R と Ba が層状に規則化した構造を持っている。この物質においては、強磁性金属（FM)相、電荷・軌道秩序絶縁体（CO/OOI) 相、A 型反強磁性（AAF）相が室温付近で多重臨界点を形成しているため、室温での CMR 効果の発現が期待されている[1]。しかし FM 相と CO/OOI 相の間に AAF 相が存在しているため、CO/OOI-FM 転移（CMR 効果）の妨げとなっている。

本実験では、多重臨界点付近にある $Nd_{1-x}Sm_xBaMn_2O_6$ の Mn を Ti^{4+} , Ga^{3+} で一部置換することで Mn の平均価数を操作し、それが物性に与える効果を調べた。その結果、磁化の温度依存性については、電子ドープ（Ti^{4+}置換）では置換量の増加に伴い FM 転移温度 T_C と AAF 転移温度 T_N が低下する。T_N は T_C と比べて大きく低下し、Ti^{4+}置換により FM 相よりも AAF 相の方がより強く抑制されることが分かった。また $NdBaMn_{1.88}Ti_{0.12}O_6$ において磁場誘起（H = 25 kOe）による AAF 相から FM 相への転移を確認した。一方、ホールドープ（Ga^{3+}置換）についても T_C と T_N の低下が見られ、著しく FM 成分が抑制されるという結果が得られた。以上のことから、Ti^{4+}置換による電子ドープと結晶構造の乱れが $RBaMn_2O_6$ の AAF 相の抑制に非常に有効であることが分かった。

[1] D. Akahoshi, Y. Okimoto, M. Kubota, R. Kumai, T. Arima, Y. Tomioka, and Y. Tokura : Phys. Rev. B**70** 064418 (2004).