Bussei Kenkyu

パイロクロア格子物質におけるスピングラス様振舞い

理化学研究所　磁性研究室　　香取　浩子

最近、カゴメ格子系、パイロクロア格子系などの幾何学的フラストレーション系の物質において、低温でスピングラス様（SG-like）振舞いが観測されている。この SG-like 相において、弱磁場磁化率は従来のスピングラス（SG）と類似した振舞いを示す。しかし、比熱は磁化率のカスプ温度で異常を示すという SG とは異なった振舞いを示すため、現状では幾何学的フラストレーション系物質の SG-like 相が従来の SG 相と同等であるとは言い切れない。そこで、従来の SG で観測されている SG 転移温度 $T_{SG}(H)$ の磁場依存性との比較を目的として、SG-like 相が観測されているパイロクロア格子系物質 $Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ について直流磁化率の磁場依存性を測定し、SG-like 転移温度 $T_{SG\text{-}like}(H)$ の磁場依存性を詳細に調べた。

LiV_2O_4 は遷移金属酸化物としては初の重い電子系物質であり、少なくとも 4 K までは立方晶のままで構造転移、磁気転移は存在しない[1]。V の価数は平均 3.5 価で、V^{3+} と V^{4+} が 1:1 で存在していると考えられている。一方、ZnV_2O_4 は T_S=49 K で構造相転移を示した後に T_N=39 K で反強磁性転移を示すフラストレート反強磁性体である[2]。この両者の混晶 $Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ のうち 0.1<x<1.0 の試料で SG-like の振舞いが観測されている[2, 3]。図１に弱磁場中で測定した直流磁化率を示す。従来の SG と同様に、弱磁場中では、ゼロ磁場冷却後に測定した磁化（M^{ZFC}）がカスプを示し、カスプ温度より低温側で M^{ZFC} と磁場中で冷却しながら測定した磁化（M^{FC}）との間に差が現れている。

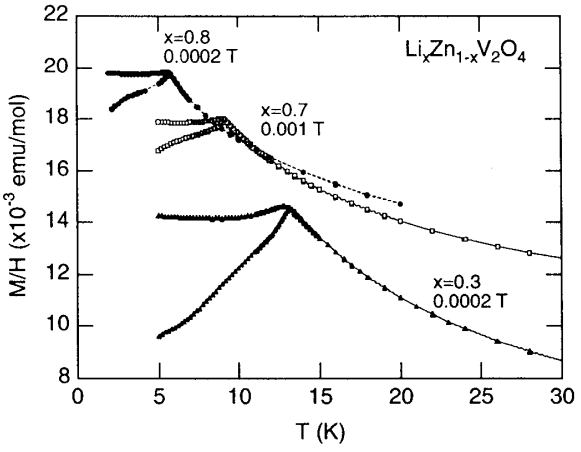

図１：$Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ の弱磁場中での直流磁化。

従来の SG では、M^{ZFC} と M^{FC} との間に差が現れる温度を $T_{SG}(H)$ と定義すると、磁場の増加とともにカスプはつぶれ、$T_{SG}(H)$ は低温側にシフトする。この $T_{SG}(H)$ の磁場依存性は de Almeida-Thouless [4]によって提唱された AT-line と呼ばれる関係式、$H=A[1-T_{SG}(H)/T_{SG}(0)]^{\alpha}$、$\alpha$=1.5、に従うことが知られている[5]。図２に示したように、$Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ においても SG と

NII-Electronic Library Service

Bussei Kenkyu

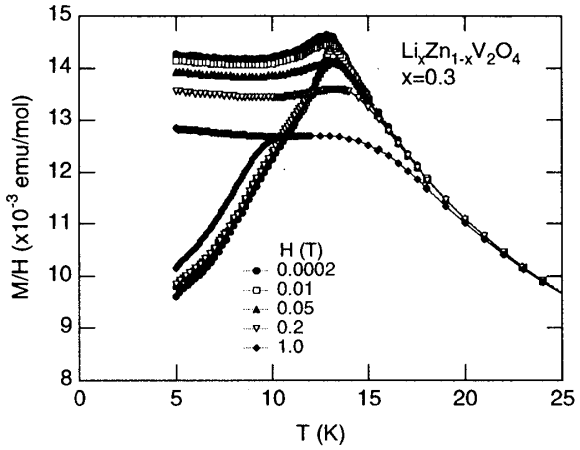

図２：$Li_{0.3}Zn_{0.7}V_2O_4$ の直流磁化の磁場依存性。

同様に、磁場の増加とともにカスプがつぶれ、M^{ZFC} と M^{FC} との間に差が現れる温度 $T_{SG\text{-}like}(H)$ は低温側にシフトしていく。x=0.3, 0.7, 0.8 の試料で得られた $T_{SG\text{-}like}(H)$ の磁場依存性に対しても、SG と同様に AT-line の式を適用することができた。しかし、得られた冪αの値はそれぞれ 2.24, 1.43, 1.22 となり、従来の SG で得られていたα～1.5 とは大きく異なることが明らかとなった。従って、転移温度の磁場依存性の観点から見ると、$Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ の低温で観測されている SG-like 相は従来の SG 相とは磁気的性質が異なっていると結論づけることができる。

さらに $Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ の磁化の振舞いを SG と詳細に比較してみると、（1）磁場によるカスプのつぶれ方（磁場による磁化の値の変化）が SG と比べて非常に小さい、（2）M^{ZFC} の T=0 への外挿値が $M^{ZFC}\neq 0$（SG では $M^{ZFC}=0$）、などの違いが明らかとなった。このことから、$Li_xZn_{1-x}V_2O_4$ における SG-like 相では一部のスピン（成分）のみが SG 的に振舞っていることが予想される。

以上の様に磁気的振舞いに違いが生じている原因として、SG 物質と幾何学的フラストレーション系物質とではフラストレーションの起源が違う、LiV_2O_4 が重い電子系物質である、などが考えられる。今後、これらの点を解明するためにさらに研究を進めていく計画である。

参考文献

[1] S. Kondo, D.C. Johnston, C.A. Swenson, F. Borsa, A.V. Mahajan, L.L. Miller, T. Gu, A.I. Goldman, M.B. Maple, D.A. Gajewski, E.J. Freeman N. R. Dilley, R. P. Dickey, J. Merrin, K. Kojima, G.M. Luke, Y.J. Uemura, O. Chmaissem, and J.D. Jorgensen, Phys. Rev. Lett. **78** (1997), 3729.

[2] Y. Ueda, N. Fujiwara, and H. Yasuoka, J. Phys. Soc. Jpn. **66** (1997), 778.

[3] S. Kondo, C. Urano, Y. Kurihara, M. Nohara, and H. Takagi, J. Phys. Soc. Jpn. **69**, Suppl. B (2000), 139.

[4] J.R.L. de Almeida and D.J. Thouless, J. Phys. A**11** (1978), 983.

[5] H. Aruga Katori and A. Ito, J. Phys. Soc. Jpn. **63** (1994), 3122.

NII-Electronic Library Service