

元素置換したMgTi₂O₄におけるスピン液体的挙動

花咲 徳亮 教授

大阪大学 大学院理学研究科物理学専攻

Place: Seminar room, Bldg. South 7, Mejiro Campus, Gakushuin Univ. (学習院大学目白キャンパス南 7 号館 4 階会議室)

Date: Jan. 16 (Wednesday), 2019

Time: 14:00-15:30

Abstract:

熱力学第三法則によれば、絶対零度でエントロピーがゼロになる。しかし、スピンの量子性とフラストレーションがある場合、極低温でもスピン液体状態である物質が近年報告され、盛んに研究されている。スピネル型酸化物 MgTi₂O₄ は $S = 1/2$ の量子スピンがパイロクロア格子を組む物質である。T_c=260K で立方晶から正方晶へ構造相転移を起こす。正方晶相では Ti が 2 量体化し、スピン 1 重項状態になっている [1]。この Ti 2 量体は、c 軸方向にヘリカル状に整列し [2]、バレンス・ボンドが結晶化した状態 (VBC 状態) になっていると考えられる。

この VBC 状態を融解させスピン液体状態にする事を目的として、スピン系の一部に欠陥を作る事を試みた。具体的には、Ti の一部を Mg に置換した試料 Mg_{1+x}Ti_{2-x}O₄ を作製した。なお、Mg 置換はホールドープの効果もあるが、絶縁体状態は保持される [3]。

Ti サイトの一部を Mg に置換すると、1~2% 程度の置換量で、正方晶相から立方晶相に戻った (Fig.1) [4]。しかし、非磁性状態は保たれていた。この事から、スピン 1 重項対は温存されているが、1 重項対の整列状態が崩れていると考えられる。スピン自由度が残っているか確かめるため、比熱測定を行った。

その結果、x=0.25 の比熱は低温まで温度に比例する振る舞いが見られた (Fig.2)。電子比熱係数 γ は磁場に依存しない事から、スピングラスではない。ミュオンスピン緩和の測定でも、0.3K までスピンは秩序も凍結もしていなかった事から、スピン液体であるとされる。また、電子比熱係数 $\gamma = 4$ (mJ K⁻² mol⁻¹) から見積もられた Wilson 比は 5 程度であり、他のスピン液体物質と比較して妥当な値である。 γ は x=0.25 付近で増強されていた。中性子 PDF 解析から、正方晶型のナノスケール格子揺らぎがある事が分かった [4]。この事から、量子相転移的に γ が増強されたと考えられる。セミナーでは、メカニズムの詳細について議論をしていきたい。

[1] M.Isobe and Y.Ueda, J. Phys. Soc. Jpn. **71**, 1848 (2002).

[2] M.Schmidt, W. Ratcliff II, P.G. Radaelli, K.Refsion, N.M.Harrison, and S.W. Cheong, Phys.Rev.Lett. **92**, 056402 (2004).

[3] M.Isobe and T.Ueda, J.Alloys Comps. **383**, 85 (2004). H.D.Zhou and J.B.Goodenough, Phys.Rev.B **72**, 045118 (2005).

[4] S.Torigoe, T.Hattori, K.Kodama, T.Honda, H.Sagayama, K.Ikeda, T.Otomo, H.Nitani, H.Abe, H.Murakawa, H.Sakai, and N.Hanasaki, Phys.Rev.B **98**, 134443 (2018).

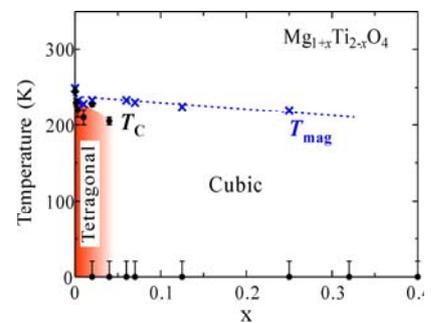


Fig.1 Mg_{1+x}Ti_{2-x}O₄の相図
T_cは構造相転移温度、T_{mag}は磁化率が減少する温度である。

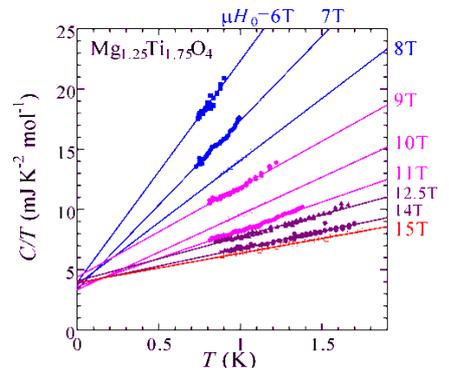


Fig.2 Mg_{0.25}Ti_{1.75}O₄における比熱の温度依存性