

量子スピン系物質の粉末試料を使ったスピン系の決定に関する研究

Determination of spin systems in quantum spin materials using powder samples

長谷 正司¹⁾ 松田 雅昌²⁾ 加倉井 和久²⁾

Masashi HASE¹⁾ Masaaki MATSUDA²⁾ Kazuhisa KAKURAI²⁾

¹⁾物材機構 ²⁾原子力機構

α -AgCuPO₄ という物質の磁性を研究している。基底状態は非磁性で、スピン・ギャップを持つことが分かっている。この物質のスピン系を決定するために、粉末試料の中性子非弾性散乱測定を行った。

キーワード : α -AgCuPO₄、非磁性基底状態、スピン・ギャップ、中性子非弾性散乱

1. 目的

粉末試料の中性子非弾性散乱測定を行って磁気励起の情報を得て、帯磁率の温度依存性の結果も考慮することにより、 β -AgCuPO₄ のスピン系が反強磁性交替鎖 ($J_{c1} = 80$ K, $J_{c2} = 14$ K, $J_{c2}/J_{c1} = 0.18$) であることを証明した[1]。Fig. 1 に β -AgCuPO₄ の中性子非弾性散乱の強度 $I(\omega)$ を示す。磁気励起のゾーンセンターとゾーンバウンダリーのエネルギ位置 (E_{zc} と E_{zb}) 付近にピークを持ち、装置分解能よりも若干幅の広い 2 つのガウシアンで実験結果を再現できる。

結晶構造の近い (β -AgCuPO₄ よりも若干低対称である) α -AgCuPO₄ という物質も存在し、 β -AgCuPO₄ と同様に、基底状態は非磁性で、スピン・ギャップを持つ。Fig. 2 に α -AgCuPO₄ の帯磁率を示す (赤線)。約 0.24 % 存在する磁性不純物の寄与は取り除いてある。反強磁性交替鎖の計算結果と比較したところ、青線 ($J_{c1} = 136$ K, $J_{c2} = 73$ K, $J_{c2}/J_{c1} = 0.54$) と緑線 ($J_{c1} = 137$ K, $J_{c2} = 92$ K, $J_{c2}/J_{c1} = 0.67$) の間に実験結果が来る。なお、 g 値は β -AgCuPO₄ の値である 2.13 と仮定した。今回、 α -AgCuPO₄ のスピン系を決定するために、粉末試料の中性子非弾性散乱測定を行った。

2. 方法

JRR-3 の TAS-2 分光器を用いて実験した。クローズド・サイクルの冷凍機を用いて、4.4 K から 96 K の間で温度を調整して測定を行った。

3. 研究成果

Fig. 3 に α -AgCuPO₄ の $Q = 1.6 \text{ \AA}^{-1}$ での $I(\omega)$ を示す。広いエネルギー域に渡って励起が見られる。温度上昇に伴い、強度が下がるので、主として、磁気励起であると考えられる。下部の棒は、 $J_{c2}/J_{c1} = 0.54$ (青) と $J_{c2}/J_{c1} = 0.67$ (緑) の場合の、 E_{zc} と E_{zb} の位置を示している。これらのエネルギーのところに、磁気励起の強度のピークがあるようにも見える。

4. 結論・考察

Fig. 3 の赤線は、7 meV と 15.8 meV にピークを持ち、装置分解能よりも若干幅の広い 2 つのガウシアンで示している。 β -AgCuPO₄ の場合とは異なり、途中のエネルギー域 (9 meV から 14 meV) の実験結果を再現できていない。

以上から、2 つの可能性を考えている。

α -AgCuPO₄ のスピン系も反強磁性交替鎖である。 J_{c2}/J_{c1} が小さく、反強磁性ダイマーに

近い β -AgCuPO₄とは異なり、 α -AgCuPO₄では J_{c2}/J_{c1} が大きいため、磁気励起の分散が強くなる。よって、途中のエネルギー域の磁気励起の強度が無視できない。

スピン系は反強磁性交替鎖ではない。第1近似としては、歪んだ蜂の巣格子であるという理論的な予想もある[2]。

引き続き解析を進めている。

5. 引用(参照)文献等

[1] M. Hase, M. Matsuda, K. Kakurai, K. Ozawa, H. Kitazawa, N. Tsujii, A. Doenni, and H. Kuroe, Phys. Rev. B 76, 134403 (2007).

[2] H. B. Yahia, E. Gaudin, J. Darriet, D. Dai, and M.-H. Whangbo, Inorg. Chem. 45, 5501 (2006).

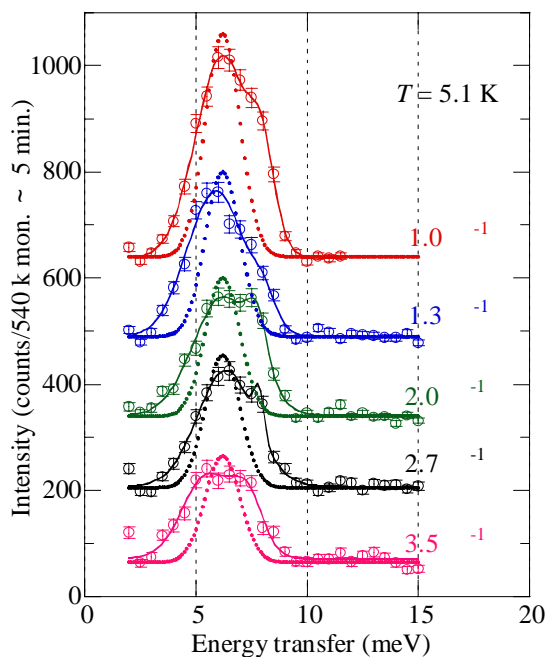


Fig. 1 β -AgCuPO₄の複数のQでの $I(\omega)$ 。実線は2つのガウシアン之和。点線は装置分解能関数。

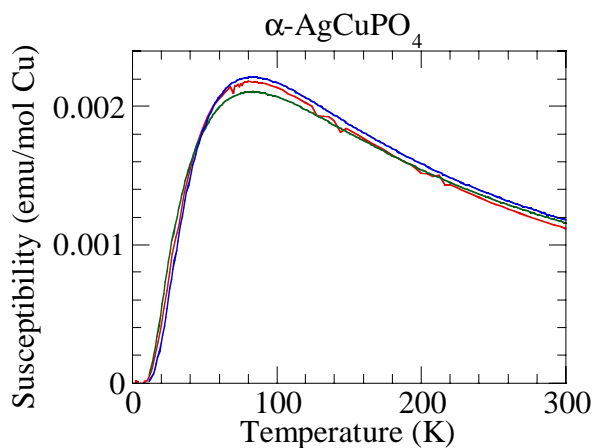


Fig. 2 α -AgCuPO₄の帯磁率の温度依存性(赤線)。青線と緑線は反強磁性交替鎖の計算結果。

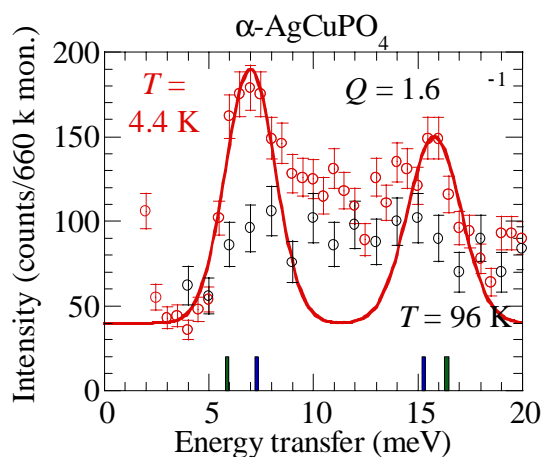


Fig. 3 α -AgCuPO₄の $I(\omega)$ 。下部の棒は、 $J_{c2}/J_{c1} = 0.54$ (青)と $J_{c2}/J_{c1} = 0.67$ (緑)の場合の、 E_{zc} と E_{zb} の位置。赤線は2つのガウシアン之和。