

## 二次元近藤格子系 $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$ の Mössbauer 分光及び比熱測定

谷中慎太郎, 井田和則, 岡野智宏, 北尾真司\*, 瀬戸誠\*, 金道浩一\*\*, 小濱芳允\*\*, 的場正憲, 神原陽一  
(慶應大,\* 京大,\*\* 東大)

*Mössbauer Spectroscopy and Heat capacity of two dimensional Kondo lattice  $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$*   
S. Taninaka, K. Ida, T. Okano, S. Kitao\*, M. Seto\*, K. Kindo\*\*, Y. Ohama\*\*, M. Matoba, Y. Kamihara  
(Keio Univ.\* Kyoto Univ.\*\* Tokyo Univ.)

### 1 はじめに

重い電子系とは局在する  $f$  電子軌道の一部が伝導電子と混成することにより電子の有効質量が通常の数百~数千倍となる物質群である。重い電子系には、磁気秩序を抑制させる近藤効果と磁気秩序を安定化させる RKKY 相互作用の拮抗により、温度-化学組成相図上で、磁気秩序相と常磁性相の相境界が、0 K 付近で消失する磁気量子臨界点 (QCP) が存在する。例えば  $\text{CeRhIn}_5$  の QCP 近傍では異方性超伝導や非フェルミ液体的挙動等、新たな量子相が出現することが、長年研究されている。<sup>[1-3]</sup> 本研究は、 $4f$  電子を有する Ce 化合物のうち、 $\text{Ce}_2\text{O}_2$  層と  $\text{Fe}_2\text{P}_2$  層からなる層状構造を持つ二次元近藤格子系  $\text{CeFePO}$  を母相とした  $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$  (正方晶,  $P4/nmm$ )<sup>[4]</sup> を研究対象とした。本物質は二次元近藤格子系の中でも希少な強磁性 QCP を示すことが確認されており<sup>[4]</sup>、強磁性 QCP 近傍における新たな磁気秩序相や電子状態の解明が重要である。

そこで本研究は、 $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer 分光測定及び高磁場極低温比熱測定により、Fe 原子核における局所微細構造、磁気相転移の存在及び Kondo 一重項の形成機構を明らかにすることを目的とする。

### 2 実験方法

本報告における多結晶試料は 2 段階に分けた固相反応により合成した。1 次熱処理は化学量論比で  $\text{Ce} : \text{Fe} : \text{P}$  (以後  $\text{Ce} - 2\text{Fe} - 2\text{P}$ ) =  $\text{Ce} : \text{Cr} : \text{P}$  (以後  $\text{Ce} - 2\text{Cr} - 2\text{P}$ ) = 1 : 2 : 2 に混合した後、石英管に真空封入して熱処理を行った。2 次熱処理は 1 次熱処理の物質および脱水した  $\text{CeO}_2$  を用いて、化学量論比で  $\text{Ce} - 2\text{Fe} - 2\text{P} : \text{Ce} - 2\text{Cr} - 2\text{P} : \text{CeO}_2 = 1 - x : x : 1$  に混合した。その後、ペレット状に成型し、石英管に減圧二重封入して熱処理を行った。

試料合成後、 $^{57}\text{Co}$  線源を利用した  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer 分光測定をコンベンショナルな透過法により、クライオスタットを用いて 4.2 - 300 K までの測定を  $\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$  において行った。

低温・磁場中での比熱測定は、片面を研磨した厚さ 50  $\mu\text{m}$ 、質量 1 - 10 mg の多結晶試料を用い、低温・磁場下 (0.4 - 15 K, 0 - 9 T) において PPMS (Quantum Design 社) により行った。高磁場比熱測定の研究対象とする物質は  $\text{Ce1111}$  系化合物  $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$  ( $x=0.00, 0.200$ ) とした。 $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$  ( $x=0.100, 0.500$ ) ではゼロ磁場下、2 - 300 K において比熱測定を行った。

### 3 実験結果および考察

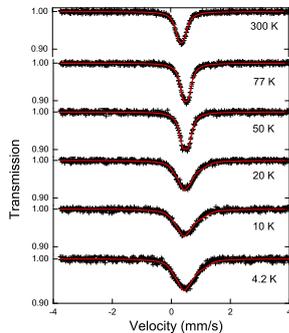


Fig.1. Observed  $^{57}\text{Fe}$  MS of  $\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$  at several temperatures.

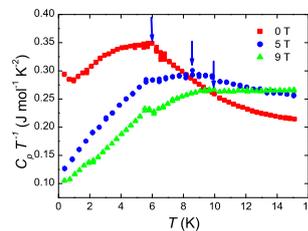


Fig.2. Temperature dependence of specific heat capacity in  $\text{CeFe}_{0.8}\text{Cr}_{0.2}\text{PO}$  at several magnetic fields.

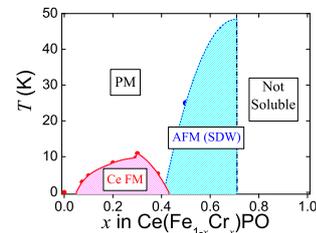


Fig.3. Phase diagram of  $\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$

$\text{CeFe}_{0.5}\text{Cr}_{0.5}\text{PO}$  の Mössbauer 分光測定の結果を Fig. 1 に示す。20 - 50 K の間で線幅の増大が確認され、しかしながら sextet も現れないことから、内部磁場分布の存在を仮定し、スペクトルのフィッティングを行った。その結果 25 K 付近において Fe の磁気状態がスピン密度波 (SDW) 状態を示していると結論した。

$\text{CeFe}_{0.8}\text{Cr}_{0.2}\text{PO}$  の比熱測定における  $\text{Ce}4f$  の寄与を Fig. 2 に示す。Cr のドーピングによる強磁性転移 ( $T_c=5.71$  K) の出現と電子熱容量の著しい減少が観られる。これは低温領域で形成されていた Kondo 一重項の RKKY 相互作用出現による消滅 (Kondo breakdown) が生じたためと考えられる。また、磁場の印加により磁気相転移温度の増大が確認された。これは強磁性相における強磁性揺らぎの存在を示す。

$\text{CeFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{PO}$  の低温における磁気相転移をまとめると Fig. 3 のようになった。

### 参考文献

- [1] G. Knebel, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **74**, 020501(R) (2006).
- [2] S. A. Grigera, *et al.*, Science **294**, 329 (2001).
- [3] H. Hegger, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **84**, 4986 (2000).
- [4] T. Okano, *et al.*, J. Appl. Phys. **117**, 17E123 (2015).