

## 第2回 埼玉大学 物性コロキウム



Saitama University

日時： 2018年 7月12日（木） 16:20～

場所： 理学部 3号館 2階 11番教室

講師： 清水 悠晴（東北大学 金属材料研究所）

題目： 重い電子系  $\text{UBe}_{13}$  とその Th 置換系における超伝導及び非フェルミ液体

要旨：

立方晶  $\text{NaZn}_{13}$  構造(空間群  $O_h^6$ )をもつ  $\text{UBe}_{13}$  は低温で大きな電子比熱係数( $C/T \sim 1.1 \text{ JK}^{-2} \text{ mol}^{-1}$ )を示し、 $T_c \sim 0.85 \text{ K}$  で非従来型超伝導を起こす[1]。  $T_c$  以下での比熱[1]や NMR スピン格子緩和率[2]の温度依存性が温度の冪であること[1]、NMR ナイトシフトが  $T_c$  で不変であること[3]から、超伝導ギャップがゼロとなるノードを持つスピン三重項超伝導の可能性が 1980 年代から議論されてきた。しかしその予想に強く反し、最近の比熱の磁場中角度依存性からはフルギャップ的な準粒子励起構造が観測された[4]。さらに面白いのは、U に Th を置換した際、Th 濃度が  $0.02 < x < 0.045$  の領域で超伝導転移点  $T_{c1} \sim 0.6 \text{ K}$  以下の  $T_{c2} \sim 0.35 \text{ K}$  に二つの相転移が比熱に現れることである[5]。注目すべきことに、 $T_{c2}$  以下でミュオン実験から微弱な内部磁場( $\sim 0.01 \mu_B/\text{U}$ )が観測されており[6]、この奇妙な二段相転移が、時間反転対称性の破れた超伝導秩序変数の変化を起源とするのか[7]、それとも超伝導と共存する反強磁性転移を起源とするのか[8]、1980 年代に始まったウラン系超伝導研究の長年の大きな謎とされてきた。ごく最近、この二段転移は、磁気転移ではなく対称性の異なる超伝導転移によるものであることが単結晶を用いた比熱と磁化の測定から明らかになった[9]。

超伝導のメカニズムを明らかにする上で重要なのが常伝導相で見られる非フェルミ液体的性質[10,11]の理解である。これまでに四極子近藤効果の可能性[12]、磁場誘起反強磁性量子臨界点の可能性[10]、近藤一重項と結晶場一重項の競合を起源とする非フェルミ液体の可能性[13]が議論されてきたが、どれも決定的な証拠は見つかっておらず、近年においても元素置換効果や圧力実験等、さらなる実験検証が精力的に行われている。

本研究では  $\text{UBe}_{13}$  及び  $\text{U}_{1-x}\text{Th}_x\text{Be}_{13}$  単結晶を用いて、超伝導の性質及びその非フェルミ液体状態の研究を行ってきた。セミナーでは、最近の実験結果の詳細とその解析に加え、 $\text{UBe}_{13}$  及びその Th 置換系  $\text{U}_{1-x}\text{Th}_x\text{Be}_{13}$  における超伝導対称性及び非フェルミ液体状態を系統的に考察し、議論する。

[1] H. R. Ott *et al.*, Phys. Rev. Lett. **50**, 1595 (1983); H. R. Ott *et al.*, Phys. Rev. Lett. **52**, 1915 (1984). [2] D. E. MacLaughlin *et al.*, Phys. Rev. Lett. **53**, 1833 (1984). [3] C. Tien and J. M. Jiang, Phys. Rev. B **40**, 229 (1989). [4] Y. Shimizu *et al.*, Phys. Rev. Lett. **114**, 147002 (2015); J. Mag. Mag. Mat. **400**, 52 (2016). [5] H. R. Ott *et al.*, Phys. Rev. B **31**, 1651(R) (1985). [6] R. H. Heffner *et al.*, Phys. Rev. Lett. **65**, 2816 (1990). [7] M. Sigrist and T. M. Rice, Phys. Rev. B **39**, 2200 (1989). [8] B. Batlogg *et al.*, Phys. Rev. Lett. **55**, 1319 (1985). [9] Y. Shimizu *et al.*, Phys. Rev. B **96**, 100505(R) (2017). [10] P. Gegenwart *et al.*, Physica C **408**, 157 (2004). [11] Y. Shimizu *et al.*, Phys. Rev. B **92**, 241101(R) (2015). [12] D. L. Cox, Phys. Rev. Lett. **59**, 1240 (1987). [13] S. Nishiyama and K. Miyake, J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 124706 (2011).

【連絡先：星野晋太郎（1529 号室）】