

BaFe₂(As,P)₂ における量子臨界現象¹

京都大学 理学研究科 芝内 孝禎²

鉄系高温超伝導体のなかでも、As を等原子価の P で一部置換した BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ では、非常に純良な単結晶が得られるため [1]、精密な議論が可能になる数少ない系であると考えられる。P 置換とともに構造相転移および磁気相転移の温度は低下していき、 $x \sim 0.3$ 近辺で消失する。それに伴い超伝導ドームが現れ、やはり $x \sim 0.3$ 近辺で最大の転移温度 $T_c \approx 31$ K となる [1]。輸送現象測定からこの $x \sim 0.3$ 近辺で温度に比例する電気抵抗や低温で $1/T$ にほぼ従い増大するホール係数などの Fermi 液体から逸脱した異常が現れ、 x のさらなる増大とともにこのような異常は徐々に消失していく。このような非 Fermi 液体的な性質の現れ方は $x \sim 0.3$ 付近に量子臨界点が存在することを強く示唆しており、他の強相関電子系に共通して見られる振る舞いである [2]。さらに、量子振動測定から見積もった電子面の有効質量は高置換領域側から $x \sim 0.3$ に近づくにつれて、増大の傾向を示し、量子臨界点へ向かって質量が発散的振る舞い（臨界現象）を示すことを示唆している [3]。NMR による波数ゼロのスピン帯磁率をプローブするナイトシフトと波数で積分した帯磁率をプローブする緩和時間 T_1 の測定から、有限波数の反強磁性揺らぎが $x \sim 0.3$ 近辺で増大することが示されており、また $1/T_1 T$ の温度依存性から見積もったワイス温度が $x \sim 0.3$ 近辺でゼロとなることから、反強磁性量子臨界点が $x \sim 0.3$ で存在することが明らかとなった [4]。

また、超伝導状態では、磁場侵入長や熱伝導測定などの低エネルギー準粒子を敏感に検知するプローブにより、BaFe₂(As_{1-x}P_x)₂ で超伝導ギャップが Fermi 面の一部で線状に消失するラインノードを持つことが明らかになっている [5]。この結果はノード周りにおいて超伝導秩序変数の符号が変化していることを表しており、符号変化を誘起する超伝導機構が内在していることの証拠となる。以上のことから、少なくとも反強磁性スピン揺らぎを媒介とした超伝導発現機構がこの系では存在していることが結論できる。軌道揺らぎなどの他の発現機構が共存するかどうかを明らかにすることが今後の課題である。

参考文献

- [1] S. Kasahara *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 184519 (2010).
- [2] S. Sachdev and B. Keimer, Physics Today, **64**, 2, 29 (2011).
- [3] H. Shishido *et al.*, Phys. Rev. Lett. **104**, 057008 (2010).
- [4] Y. Nakai *et al.*, Phys. Rev. Lett. **105**, 107003 (2010).
- [5] K. Hashimoto *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 220501(R) (2010).

¹この成果は京都大学の橋本顕一郎, 笠原成, 山下穰, 池田浩章, 寺嶋孝仁, 松田祐司の各氏をはじめとして、たくさんの内外の研究者との共同研究によるものである。

²E-mail: shibauchi@scphys.kyoto-u.ac.jp