

新たな磁気相図をもつ鉄系超伝導体の発見

銅酸化物物質における高温超伝導や、電子間の相互作用によって伝導電子の有効質量が自由電子に比べ数百倍も重くなる「重い電子系」における超伝導など、非従来型超伝導の多くは磁性相が消失した近傍で超伝導相が現れており、磁性と超伝導の関係を調べることは非従来型超伝導の発現機構を探るうえで重要な役割を担っている。

2008 年に発見された鉄系超伝導体も反強磁性相に隣接して超伝導相が現れるため磁性と超伝導の關係に注目が集まっている。これまでの研究から、 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ や $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ などの“122”系では反強磁性量子臨界ゆらぎが超伝導と密接に関係している一方、 $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ などの“1111”系では低エネルギーの磁気ゆらぎと超伝導に相関がないことが報告されていた。このように鉄系超伝導における磁性と超伝導の關係は系ごとに異なり、また“1111”系では電子ドーピングされた場合の相図のみが報告されていることから、より一般的な反強磁性と超伝導の關係を知るために電子ドーピング系以外の“1111”系の相図を調べる必要があった。

最近、京都大学と浙江大学のメンバーからなる研究グループは、As を等価数の P で置換した $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)\text{O}$ の詳細な超伝導・磁気相図を調べ、この物質が $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ とは異なる相図を示す結果を得た。 $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)\text{O}$ では P 置換によって連続的に反強磁性が抑制され、超伝導が出現する $x = 0.3$ 付近に反強磁性量子臨界点を持つ(図 1(a)参照)。これは、反強磁性相が不連続的に消失した後、超伝導相が現れる $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ の場合(図 1(b)参照、横軸のスケールの違いに注意)とは異なり、“122”系と近い相図である。また、同グループはさらなる P 置換によって一度消失した反強磁性相が再び現れることも明らかにした。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan* (JPSJ) の 2014 年 2 月

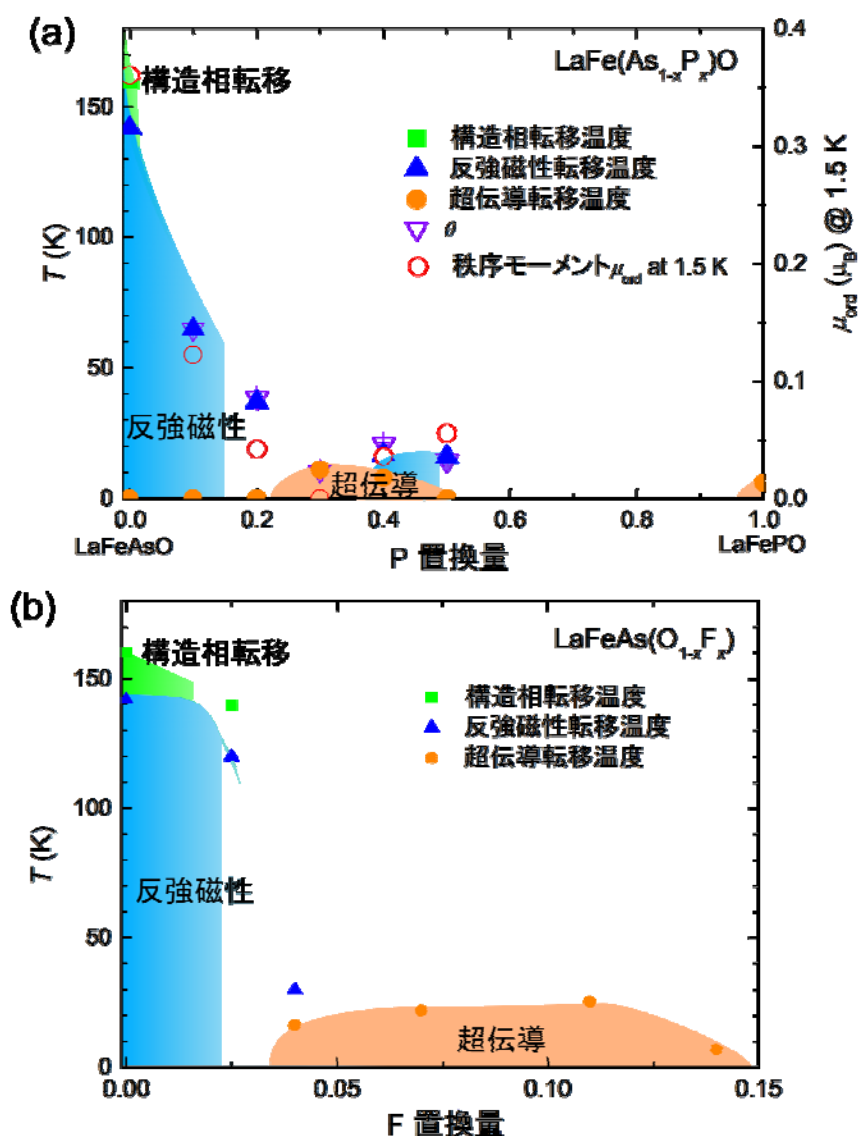


図 1. (a) $\text{LaFe}(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)\text{O}$ の温度 T -P 置換量相図。 θ は核磁気共鳴法の核スピン-緩和率から求めた反強磁性 Weiss 温度。(b) $\text{LaFeAs}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)$ の温度 T -F 置換量相図。

号に掲載された。

同じ LaFeAsO に対して電子ドーピングと等価数置換で相図が異なること、P 置換によって多彩な基底状態を示すことは、電子状態のわずかな変化によって磁性と超伝導が入れ替わっていることを示唆しており、今回の成果は鉄系超伝導の発現機構を解明する上で重要な結果と考えられる。

原論文

Relationship between Superconductivity and Antiferromagnetism in LaFe(As_{1-x}P_x)O Revealed by ³¹P-NMR

[Shunsaku Kitagawa, Tetsuya Iye, Yusuke Nakai, Kenji Ishida, Cao Wang, Guang-Han Cao, and Zhu-An Xu, J. Phys. Soc. Jpn. **83**, 023707 \(2014\).](#)

問合せ先：北川俊作（神戸大学大学院理学研究科）
石田憲二（京都大学大学院理学研究科）