

別紙 4

報告番 -	※ 甲 第 号
----------	---------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 NMR に基づく鉄系超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ および
FeSe のスピンドYNAMIKSの研究
氏 名 太田 善彦

論 文 内 容 の 要 旨

多くの超伝導体における超伝導発現機構は、フォノンを媒介とする電子間の引力でクーパー対を形成するという BCS 理論の範疇で理解することができる。2008 年に発見された鉄系超伝導体においては、スピンや軌道揺らぎを媒介とした非従来型の超伝導発現機構が提唱されており、注目を集めている。

本研究の対象物質である鉄ヒ素超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ の母物質 BaFe_2As_2 では、正方晶相から斜方晶相への構造相転移に伴いスピン秩序と軌道秩序の双方を発現する。一方、鉄カルコゲナイド超伝導体 FeSe では軌道秩序のみが発現する。種々の先行研究により $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ と比べて FeSe の d バンドの繰り込みは大きいと報告されている。 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ と FeSe にはこのような電子状態の違いがあり、これら 2 種類の物質のスピンドYNAMIKS を微視的に調べることは、鉄系超伝導体の電子状態の理解を深めるうえで重要である。

本研究では鉄系超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ と FeSe において、核スピン-スピン緩和率 $1/T_2$ を測定した。まず、鉄ヒ素超伝導体 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ の ^{75}As -核磁気共鳴 (NMR) 実験を行った。核スピンスピン緩和曲線は、ローレンツ成

分 $\exp[-2\tau/T_{2L}]$ とガウス成分 $\exp[-0.5(2\tau/T_{2G})^2]$ で表すことができた。 $1/T_{2L}$ は、ゼロ周波数近傍の縦磁気揺らぎ $u_{zz}(0)$ とラーモア周波数近傍の横磁気揺らぎ (核スピン格子緩和率 $1/T_1$) で表すことができる。 $1/T_{2L}$ は、 $1/T_1$ による磁気揺らぎの異方性を示し、Fe スピンのストライプ型の相関が示唆された。 $u_{zz}(0)$ は 100 K 以下で冷却とともに増大し、 $1/T_1$ と類似した振舞いを示すことからスピン揺らぎの周波数依存は小さいと考えられた。 $1/T_1T$ と先行研究のネマティック感受率との比較により、Fe スピンのストライプ型の揺らぎは B_{2g} 軌道揺らぎと結合していることが示唆された。一方、 $1/T_{2G}$ は温度依存せず、直接的な核スピン間双極子相互作用で説明することができた。

次に、鉄カルコゲナイド超伝導体 FeSe の ^{77}Se - NMR 実験を行った。核スピン-スピン緩和曲線はローレンツ成分 $\exp[-2\tau/T_2]$ のみで表すことができた。 $u_{zz}(0)$ は構造相転移温度 $T_{s,nem} \sim 90$ K 以下で冷却とともに増大する一方 $1/T_1$ は徐々に減少することから、スピン揺らぎは周波数変化に敏感であり、極めて遅いスピンドイナミクスが発現している可能性が示唆された。極めて遅いスピンドイナミクスは、斜方晶ドメインの遅い揺らぎや局在スピンによる磁気フラストレーション効果により発現し得ると考えられた。

本研究において、 $\text{Ba}_{0.66}\text{K}_{0.34}\text{Fe}_2\text{As}_2$ では B_{2g} 軌道揺らぎと結合したスピン揺らぎが超伝導発現に役割を果たしている可能性が見いだされた。FeSe では構造相転移温度 $T_{s,nem} \sim 90$ K 以下における極めて遅いスピンドイナミクスの発現の可能性が見いだされた。本研究で検証された鉄系超伝導体のスピン揺らぎの対称性や周波数依存性は、鉄系超伝導体におけるスピン・軌道秩序および超伝導発現の理解を前進させるうえで重要である。