

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：鉄系超伝導体のフェルミオロジーに挑む

2. 研究代表者名及び主たる研究参加者名（研究機関名・職名は研究参加期間終了時点）：

研究代表者

寺嶋 太一（(独)物質・材料研究機構 主席研究員）

主たる共同研究者

播磨 尚朝（神戸大学 教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、電子状態の解明につなげるために、量子振動や角度依存磁気抵抗振動(AMRO)の観測により鉄系超伝導体のフェルミ面を直接的に明らかにする研究を実施した。具体的には、(1) 電子状態を明らかにするために  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  の Shubnikov-de Haas (SdH)振動測定、 $\text{KFe}_2\text{As}_2$  の de Haas-van Alphen (dHvA)振動測定、角度依存磁気抵抗振動 (AMRO)測定、サイクロトロン共鳴測定(2)  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  の圧力誘起超伝導と電子状態を明らかにするために交流磁化率、電気抵抗、磁気抵抗、ホール効果などの高圧下物性測定(3)  $\text{KFe}_2\text{As}_2$ 、 $\text{LiFeAs}$  の上部臨界磁場  $B_{c2}$  の温度変化の測定と、WHH 理論での解析を行った。この結果、反強磁性状態の  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  のフェルミ面を実験的に決定し、 $\text{KFe}_2\text{As}_2$  の電子相関の重要性の提示し、 $\text{KFe}_2\text{As}_2$  のバルク超伝導が  $\text{Eu}^{2+}$ モーメントの反強磁性秩序と共存することを示し、 $\text{KFe}_2\text{As}_2$ 、 $\text{LiFeAs}$  について  $B_{c2}$  の異方性が低温で現象することを示すなどの成果を得た。

4. 事後評価結果

4-1. 研究の達成状況及び得られた研究成果

本研究課題では、次のような成果が得られた。

① $\text{BaFe}_2\text{As}_2$  のフェルミ面を完全に決定

$\text{BaFe}_2\text{As}_2$  単結晶をデツインして、シュブニコフ＝ドハース振動を測定し反強磁性斜方晶におけるフェルミ面を完全に決定した。局所密度近似のバンド計算が Fe モーメントを過大に見積もるにもかかわらず概ね正しいフェルミ面を与えることを示した。

② $\text{KFe}_2\text{As}_2$  における電子相関の重要性を指摘

$\text{KFe}_2\text{As}_2$  単結晶のドハース＝ファンアルフェン効果、角度依存磁気抵抗振動、サイクロトロン共鳴の測定を行い、そのフェルミ面が局所密度近似のバンド計算の予想と異なり、また質量増強も大きく、電子相関が重要であることを示した。

③ $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  の圧力誘起バルク超伝導の確証と詳細な高圧相図の決定

$\text{EuFe}_2\text{As}_2$  の圧力誘起超伝導がバルクであり、かつ  $\text{Eu}^{2+}$ の反強磁性と共存することを示し、その詳細な高圧相図を決定した。さらに、上部臨界磁場を決定し、その解析から磁性超伝導体にとって重要なパラメータである局在磁気モーメントから伝導電子への交換磁場を見積もった。

4-2. 総合的評価

本グループは研究テーマを超伝導の機構を解明するために不可欠な電子状態と電子相関効果を量子振動効果、角度依存磁気抵抗振動の測定により明らかにすることに的を絞った。 $(\text{Ba}_{1-x}\text{K}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$  系の両端物質  $\text{BaFe}_2\text{As}_2$ 、 $\text{KFe}_2\text{As}_2$  についてフェルミ面と有効質量を決定し、後者では強い電子相関の存在を明らかにしており、超伝導機構解明の鍵となる結果を得ている。角度分解光電子分光 (ARPES) に比べ測定温度、試料の純良性など条件は厳しいが、バルク測定に比べ精度などの点で優位性を持ち、

ARPES 測定結果の検証という観点からも欠かせない成果といえる。また、超伝導状態を連続的に圧力のみで制御できる  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  について、圧力誘起超伝導がバルクであり、かつ  $\text{Eu}^{2+}$  の反強磁性と共存することを示し、その高圧相図を決定したことも評価すべき成果であり、この課題が当初の目標を遂行したものと判断する。ただし、遅れている  $\text{EuFe}_2\text{As}_2$  の圧力によるフェルミ面・電子相関効果の変化と超伝導状態の相関の評価については、早急な推進を期待したい。