

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： ナノブロックヘテロ重合による鉄ヒ化物系高温超伝導体の創製

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

野原 実（岡山大学大学院自然科学研究科 教授）

主たる共同研究者

高山 知弘（東京大学大学院新領域創成科学研究科 助教）

広井 善二（東京大学物性研究所 教授）

山本 文子（（独）理化学研究所基幹研究所無機電子複雑系研究チーム 基幹研究所研究員）

3. 研究実施概要

本研究課題では、結晶を構成するナノブロックをヘテロに積層させることで、革新的な結晶構造を持つ新規超伝導材料の創製を目指した。具体的には、（１）固体中における化学結合の形成・切断を行う化学的な物質開発、（２）非自明な秩序相の融解を念頭においた物理的な物質開発、（３）酸素欠損の制御などの物質開発、（４）高圧合成による物質開発、（５）分光イメージング STM による超伝導ギャップ符号変化の検出などの研究を行った。その結果として、鉄系超伝導体で３番目に高い転移温度を達成した、 $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)(\text{Fe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2)_5$ （超伝導転移温度 38K）、鉄系超伝導体のドーピング系では、 $\text{Sr}(\text{Fe}_{1-x}\text{Pt}_x)_2\text{As}_2$ （17K）、 $\text{Ca}(\text{Fe}_{1-x}\text{Rh}_x)_2\text{As}_2$ （14K）、122 型構造の非鉄系ニクタイトでは、 BaRh_2P_2 （1.0K）、 BaIr_2P_2 （2.1K）、 SrIr_2As_2 （2.9K）、ペロブスカイト構造から派生するニクタイトでは、 SrPt_2As_2 （5.2K）、 SrPt_3P （8.4K）、 CaPt_3P （6.7K）、 LaPt_3P （1.5K）、金属絶縁体転移の臨界点における超伝導 $\text{Ru}_{1-x}\text{Rh}_x\text{P}$ （3.7K）、 $\text{Ru}_{1-x}\text{Rh}_x\text{As}$ （1.8K）、 RuSb （1.2K）、Ir 三角格子のボンド秩序抑制による超伝導 $\text{Ir}_{1-x}\text{Pt}_x\text{Te}_2$ （3.1K）、構造相転移の臨界点におけるソフトフォノン超伝導 $\text{BaNi}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2$ （3.3K）、 MgB_2 関連構造では SrPtAs （2.4 K）、 $\text{SrNi}_x\text{Si}_{2-x}$ （2.8K）、高圧合成では、 Hg_xReO_3 （7.7K）、 $\text{Sr}_5\text{Ru}_{5-x}\text{O}_{15}$ などの新超伝導体を見いだ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 鉄白金系超伝導体 $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)(\text{Fe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2)_5$ の発見

白金ヒ化物を層間物質とする新物質において転移温度 38 K の超伝導を発見した。従来のイオン結合性の層間物質だけでなく、ヒ化物のような共有結合性の層間物質が存在することを示した。

② RuP: 量子臨界点超伝導への非磁性ルート

二元 Ru リン化物 RuP が約 270 K において擬ギャップ金属から非磁性絶縁体への金属絶縁体転移を示すことを発見した。Ru を Rh で部分置換すると金属絶縁体転移が抑制され、 $T=0$ で擬ギャップ金属相が消失する臨界領域で 3.7 K の超伝導が発現した。この結果は、従来の磁気的量子臨界点に加えて、非磁性量子臨界点が超伝導へのルートとなることを示した。

③ 分光イメージング STM による超伝導ギャップ符号変化の検出

分光イメージング STM により、鉄系超伝導体の超伝導ギャップが電子面とホール面で符号を変える S^+ -波であることを指摘した。この成果により、Fe(Se,Te)系の高品位結晶の成果につながった。

4－2．総合的評価

FeAs 系と CuO₂ 系超伝導体に共通する層状構造に注目し、これまでの単なる元素置換という発想を超えたスペーサー層の役割を検討し、転移温度の上昇を可能性にする革新的な結晶構造の創成を目指した。結果として、異なる思想にも基づき選択された幾つかの結晶構造系で、多数の超伝導体を発見している。その中でも、転移温度 38K を持つ新超伝導体 $\text{Ca}_{10}(\text{Pt}_4\text{As}_8)(\text{Fe}_{2-x}\text{Pt}_x\text{As}_2)_5$ を発見したことは特筆に値する。 T_c の増加に限界が見えてきた従来のイオン結合性という制限を外し、共有結合性層間物質へ可能性を広げたことは、「新規材料による高温超伝導基盤技術」のタイトルを持つ本事業の目標に対する功績は大きい。更に、分光イメージング STM による Fe(Se,Te)における超伝導ギャップの符号変化の同定などの成果を上げており、この課題の計画は十分に達成されたこと判断され、高く評価できる