

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名：2次元鉄平面を持つ超伝導体の開発と熱及び局所磁場測定による評価

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

為ヶ井 強（東京大学工学系研究科 准教授）

3. 研究実施概要

本研究課題では、2次元鉄平面を持つ超伝導体の開発・基礎物性評価、及び応用への準備として磁束状態の解明、線材開発を含む研究を実施した。具体的には、(1)既知の2次元鉄平面を持つ超伝導体の純良多結晶の作製と、単結晶の成長、(2)新規の2次元鉄平面を持つ超伝導体の開発、(3)他の鉄を含む異方的超伝導体の作製及び評価、(D)作製された鉄を含む超伝導体の精密な輸送特性・比熱測定による超伝導ギャップ構造の同定、(5)プロトン照射による鉄系超伝導体の臨界温度抑制および散乱率の定量的評価、(6)微小ホール素子及び磁気光学法を用いた局所磁場測定による臨界電流密度・弱結合特性の評価とこれらの特性の改善指針の提案、(7)鉄系超伝導体の磁束状態の解明、(8)粒子線照射による鉄系超伝導体の臨界電流密度の向上、(9)2次元鉄平面を持つ超伝導体による超伝導線材の試作と評価を行った。これらをとおして、物性評価に関しては、超伝導発現機構解明の一助とするため、比熱および熱伝導度の精密な温度・磁場依存性の測定を通してギャップ構造に関する知見を得た。さらに、作製された超伝導体が実用に向けてどのようなポテンシャルを持つかを見極めるため、マクロな磁化測定によるのではなく微小ホール素子または磁気光学法を用いた局所磁場測定により、臨界電流密度測定を中心とする電磁気特性評価を行った。加えて、人工的な欠陥の導入による臨界電流の向上と、 $T_c$ 抑制効果から超伝導対称性に関する知見を得ることに成功した。

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鉄系超伝導体良質単結晶の作製と基礎物性評価

鉄系超伝導体良質単結晶の作製と基礎物性評価では、122系および11系の鉄系超伝導体の純良単結晶の作製と、磁気・輸送特性測定による常伝導・超伝導特性の基本的評価を行った。また、磁気光学イメージングを用いた試料の均一性評価を含む、臨界電流密度特性及びそれを支配する量子化磁束の運動に関する詳細な研究を行った。

②鉄系超伝導体良質単結晶における高エネルギー粒子線照射効果の実証

鉄系超伝導体良質単結晶における高エネルギー粒子線照射効果の実証では、 $\text{Ba}(\text{Fe},\text{Co})_2\text{As}_2$ 単結晶に各種重イオン（Au, Ni, Xe, U）およびプロトンを経験的な条件で照射し、臨界電流密度の増大の様子を詳細に調べた。また、プロトン照射により生成される点欠陥がもたらす散乱率の増大と転移温度抑制効果を精密に調べ、s±波超伝導で期待されるものより転移温度の抑制効果ははるかに小さいことを見いだした。

③鉄系超伝導体線材の開発

鉄系超伝導体線材の開発では、鉄系超伝導体 $(\text{Ba},\text{K})\text{Fe}_2\text{As}_2$ およびFeSeの線材をパウダー・イン・チューブ法および拡散法を用いて作製し、4.2 K・自己磁場において、それぞれ $1.3 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ 、 $600 \text{ A/cm}^2$ の世界最高水準の臨界電流密度を実現した。

#### 4-2. 総合的評価

基礎的なものから応用に関わるものまで、広い範囲の超伝導特性を解明する研究を素早く展開した。例えば、4種の系の単結晶を育成し、これまでに実績を積んできた磁気光学法を用いて磁束の侵入状況を明らかにするとともに、臨界電流密度を評価した。幸い、その臨界電流密度の値は応用を考えるに足る大きさであること、また、照射するイオン種によりタイプの異なる欠陥が導入され（金イオン：柱状/Xeイオン：カスケード状/プロトン：点状）、臨界電流密度がさらに数倍大きくなることを明らかにした。加えて、拡散法やPIT法による線材の作製を試み、初期段階にしてはかなり高い臨界電流密度を観測している。応用を考える上で最も基礎的な事項について、期待の膨らむ定量的知見を得たことは高く評価してよい。

ただし、事業全体の研究推進という視点からも、提案書の計画と終了報告の記載内容に隔たりがある場合（特に(2)と(3)について）、否定的な結果も含めて、経緯に関する情報の提供が望まれる。