

## 2023年度 各務記念材料技術研究所共同研究報告書

研究課題名	トポロジカルジントル相の熱電特性
重点課題	Ⅲ-C (省エネルギーと物性)
新規・継続	新規
研究代表者	スズキ タケヒト
氏名	鈴木 健士
所属機関・ 部局・職名	東邦大学 理学部 講師

**研究目的**

トポロジカル半金属はフェルミ準位近傍に線形分散したバンドの交差点を持っており、その特徴的な電子バンド構造から熱電変換材料の候補として注目を集めている。また、ジントル相は特有の化学結合により電子構造が安定化される物質群であり、フェルミ準位近傍に現れる共有結合性のバンドが高い熱電変換効率を示し得る事が知られている。本研究ではこれらのコンセプトを統合し、「トポロジカルジントル相」の熱電変換材料としての有用性を明らかにする事を目的とする。

## 実験内容と研究成果

本研究では希土類金属間化合物  $\text{DyAgSb}_2$  を対象とし、金属フラックス法による単結晶育成と磁場下における輸送特性の測定を行った。一般に  $\text{HfCuSi}_2$  型構造をとる  $\text{RAgSb}_2$  ( $\text{R} =$  希土類) は、図 1 の様に  $\text{Sb}$  が正方格子を形成する層状結晶構造を持っており、 $\text{Sb}$  の超原子価結合 [形式的価数  $\text{R}^{3+}\text{Ag}^+(\text{Sb}_I^-)(\text{Sb}_{II}^{3-})$ ] によって構造が安定化されている金属間化合物(ジトル相)と分類される。また、 $\text{Sb}$  正方格子に対して  $\text{R-Ag-Sb}$  からなる層が面内方向で2倍の大きさの単位構造を有する事から、 $\text{Sb}$  正方格子の形成する電子バンドに対する折り返しが起こっており、フェルミ準位近傍において線形分散したバンドの交差を持つトポロジカル半金属としての性質も併せ持つ。本研究では、磁性を通じたバンド構造制御に関する発展的な研究の可能性も踏まえ、特に、磁化プラトーを示す事が知られている  $\text{DyAgSb}_2$  を対象とした。

$\text{DyAgSb}_2$  単結晶試料は、 $\text{Sb}$  をフラックス材とする真空封入下での金属フラックス法により育成し、約  $1.5 \times 1.5 \times 0.1 \text{ mm}^3$  程度の板状結晶を得た。粉末 X 線回折ピークプロファイルは  $\text{HfCuSi}_2$  型構造により説明できるものであり、これから求めた格子定数は過去の報告[M. Brylak et al., J. Solid State Chem. **115**, 305 (1995)]と良い一致を示した。また、(001) 面内への磁場印加の下での磁化測定から、本研究で育成した試料が  $T_N = 9.4 \text{ K}$  において反強磁性転移を示すと共に、 $T_N$  以下の温度で特徴的な磁化プラトーの振舞を見せる事が示された(図 2)。これらの結果も過去の報告[K. D. Myers et al., J. Magn. Magn. Mater. **205**, 27 (1999)]と良く一致しており、電子物性の観点からも単結晶育成に成功している事が示されている。

電氣的な輸送特性については、室温以下の全温度領域における金属的な振舞に加え、磁性転移及び磁化プラトーの転移において電気抵抗率の非単調な温度・磁場依存性が観測されており、スピン及び磁氣的ドメインの揺らぎが系の輸送特性を理解する上で重要な役割を果たす事が明らかとなった。現在は熱電輸送係数の測定を進めており、本年度得られた結果と合わせて熱電変換材料としての評価を行う予定である。

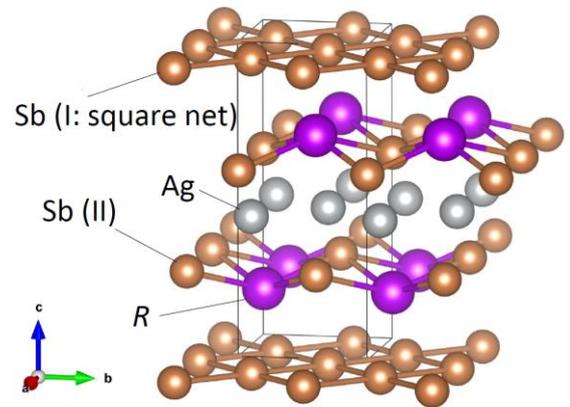


図 1.  $\text{HfCuSi}_2$  型  $\text{RAgSb}_2$  の結晶構造

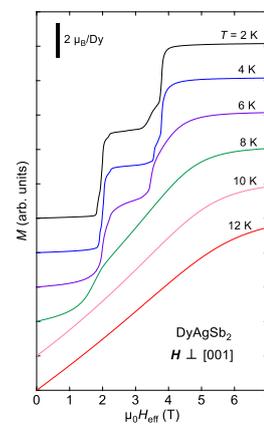


図 2.  $\text{DyAgSb}_2$  の磁化プラトー

## 研究成果の公表状況 (論文、国際・国内会議、学会発表、特許等の知財)

### 【研究会発表】

1. 織田百合奈, 井上悠, 三河亮介, 勝藤拓郎, 鈴木健士「3重縮退点を持つ三方晶  $\text{PtBi}_2$  におけるドーピング効果」第 17 回東邦大学複合物性研究センターシンポジウム, 2023 年 12 月
2. 日下部颯也, 三河亮介, 武井春樹, 勝藤拓郎, 川楯義高, 鈴木健士「磁化プラトーを持つ磁性トポロジカル半金属  $\text{DyAgSb}_2$  の輸送特性」第 17 回東邦大学複合物性研究センターシンポジウム, 2023 年 12 月
3. S. Yamada, M. Yamaguchi, R. Mikawa, H. Takei, T. Katsufuji, and T. Suzuki “Transport properties of topological semimetals with magnetization plateau” The 22nd Japan-Korea-Taiwan symposium on strongly correlated electron system (JKT22), March 2024