

修士論文概要書

Master's Thesis Summary

Date of submission: 06/01/2025

専攻名(専門分野) Department	物理学及応用物理学	氏 名 Name	草柳 達郎	指 導 教 員 Advisor	勝藤 拓郎 印 Seal
研究指導名 Research guidance	複雑量子物性研究	学籍番号 Student ID number	CD 5323A025 - 0		
研究題目 Title	Ba _{3-x} Eu _x T ₅ O ₁₅ (T = Nb, Ta)の磁性と伝導				

1. 研究目的

Ba₃T₅O₁₅ (T = Nb, Ta)は Tetragonal Tungsten Bronze (TTB)構造を有する遷移金属化合物で、その結晶構造の異方性に由来して $\rho_c < \rho_a$ の電気抵抗率の異方性がある[1][2]。Ba₃T₅O₁₅のBaをEuに置換したBa_{3-x}Eu_xT₅O₁₅については、T = Nb, Taのいずれにおいてもxの増加に伴って電気抵抗率が上昇し、T = Nbでは $x \approx 2.2$ 、T = Taでは $x \approx 1.4$ での金属絶縁体転移が報告されている[1][2]。またT = Nbでは $x = 2.2$ で $\rho(0T)/\rho(7T) \sim 5000$ [3]、T = Taでは $x = 1.7$ で $\rho(0T)/\rho(7T) \sim 8$ [4]となる負の磁気抵抗が観測されている。これらはT = Nb, Taの4d/5d軌道の伝導電子とEuの4fスピンとの間の結合に由来すると考えられている。一方、Euスピンの磁気相転移は、いずれの系においても観測されていない。

本研究では、絶縁体であるEu₃T₅O₁₅ (T = Nb, Ta)から一部のEuをBaで置換してT = Nb, Taにキャリアを導入することで、物性にどのように変化するか調べることを目的としている。

2. 実験方法

Ba_{3-x}Eu_xT₅O₁₅ (T = Nb, Ta)において、それぞれBa₅T₄O₁₅, Eu₂O₃, T₂O₅, T (T = Nb, Ta)を化学量論比に基づき秤量、混合し、Floating zone法を用いて単結晶作製を行った。T = Nbでは $x = 2.7$ 、T = Taでは $x = 2.7, 2.8$ の単結晶を新たに作製し、 $x = 2.5, 3$ についての試料は先行研究にて作製されたものを使用した。作製した単結晶についてXRDで格子定数を算出、背面ラウエ法にて結晶方位を同定した。これらの単結晶について、電気抵抗率と磁化率について測定を行った。

3. 結果及び考察

図1にc軸方向に電流を流した際の電気抵抗率の温度依存性を示す。T = Taでは $x = 2.7$ においても低温で電気抵抗率が発散していた。T = Nbでは高温域で $x = 3$ よりも $x = 2.7$ の電気抵抗率が高くなっていたが、これは格子欠陥等の影響によると考えられる。図2に2Kまでの逆帯磁率、図3に逆帯磁率のキュリーワイスフィッティングから求めたWeiss温度の結果を示す。T = Nbでは $x = 2.5, 2.7$ の4K付近の逆帯磁率に小さな異常が見られた。この時のWeiss温度は正にシフトしており、T = Nbの4d軌道にあるキャリアの影響で磁気秩序を示している可能性がある。

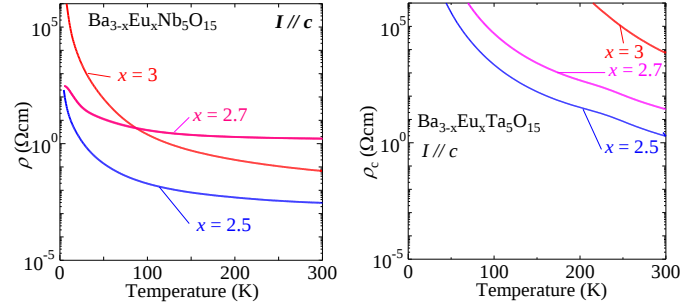


図1 Ba_{3-x}Eu_xT₅O₁₅ (T = Nb, Ta)の電気抵抗率

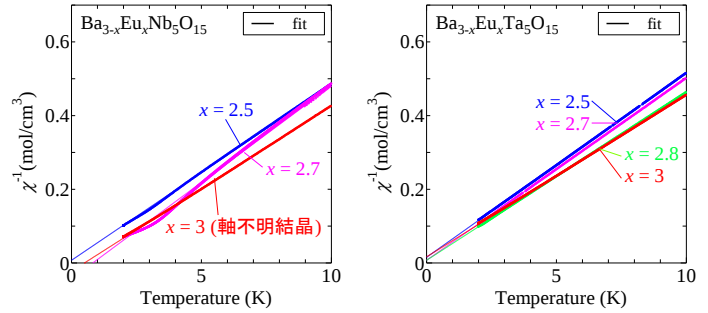


図2 Ba_{3-x}Eu_xT₅O₁₅ (T = Nb, Ta)の逆帯磁率

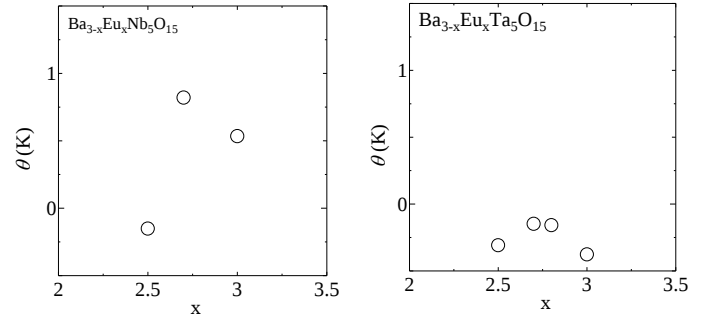


図3 Ba_{3-x}Eu_xT₅O₁₅ (T = Nb, Ta)のWeiss温度

4. 参考文献

- [1] Y. Kondoh, *et al.*, Phys. Rev. B **104**, 125128 (2021).
- [2] K. Iwamoto, *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **91**, 033702 (2022).
- [3] W. Sekino, *et al.*, Phys. Rev. Materials. **7**, 124404 (2023).
- [4] H. Takei, *et al.*, Phys. Rev. Materials. **8**, 054405 (2024)