

YBCO 超伝導体の不純物効果

物理班：梶谷優斗、壺井萌乃香、中村圭伸、森島達弥

1. はじめに

超伝導体という物質に関する実験を見て興味を持ち、自分達もそれに関する実験を行うことにした。既存の YBCO 超伝導体に不純物を加えることでより高い温度で超伝導体になる物質を発見する手がかりにしようとした。そして、大学の協力を受けて行った実験を自分達のみで行おうとした。

2. 実験内容

(実験 1)

YBCO 超伝導体のイットリウムをジルコニウムに置換する。イットリウムをジルコニウムに置換する割合は 4%、8%、12%、16%、25%、50%、75%、100% の 8 通りで試料の性質を調べる実験を行った。

(実験 2)

大学の協力を借りずに学校で実験 1 を行える環境を整える。

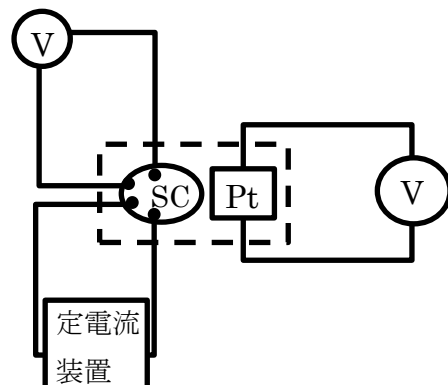
3. 実験方法

(実験 1)

- ① 用意した既存の YBCO 超伝導体の材料(酸化イットリウム、炭酸バリウム、酸化銅)に不純物として用意した酸化ジルコニウムを入れ、乳鉢で 2 時間混ぜた。
- ② 混ぜ合わせた試料を焼結させた。焼結時は、9 時間で 900 度まで上げて 15 時間維持し、24 時間かけて室温に戻した。
- ③ 試料を液体窒素で冷やして、マイスナー効果の有無を調べた。マイスナー効果とは超伝導体を磁場に置いた時に、磁力線を遮断する現象のことである。
- ④ その後、温度を変化させながら電気抵抗を測定した。

(実験 2)

- ① 低温の範囲まで測定が可能な温度計を調整する。
- ② 右図のような回路を作製して、試料にかかる電圧を測定、記録できる器具を用意する。



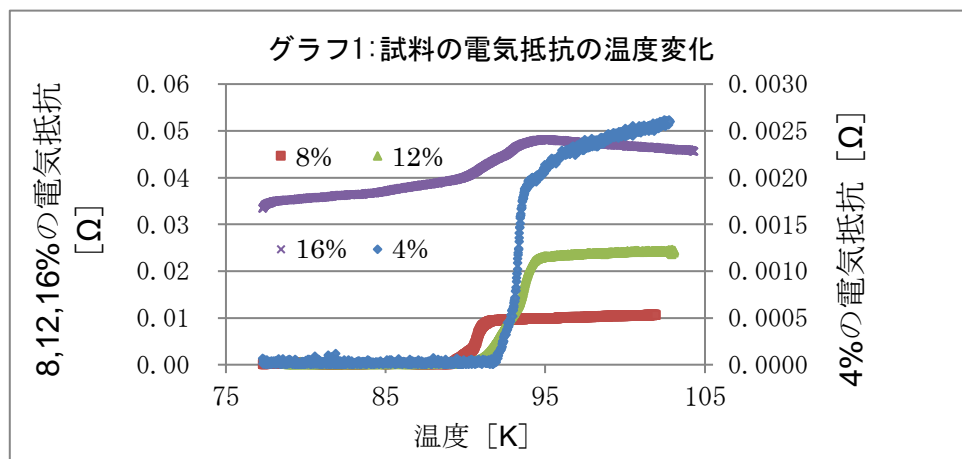
4. 実験結果

(実験 1)

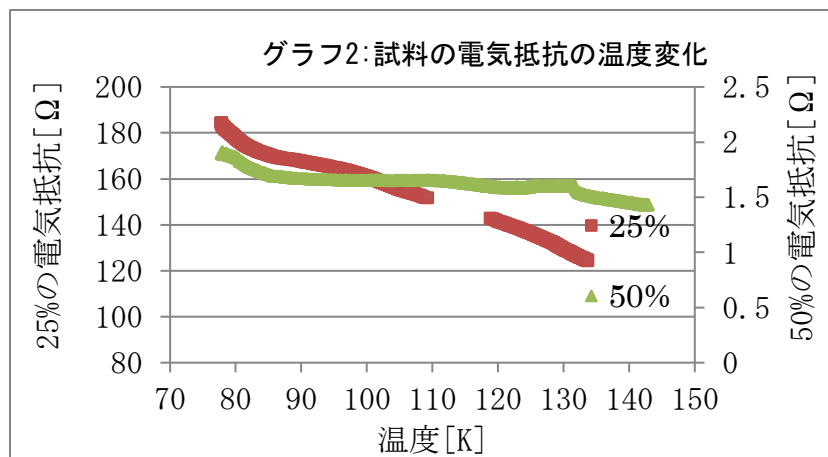
4%、8%、12%の試料はマイスナー効果が見られたが、12%の試料は 4%、8%の試料に比べ反応があまり見られなかった。16%以上は全くマイスナー効果が確認できなかった (表 1)。

ジルコニウムの割合	マイスナー効果の有無	ジルコニウムの割合	マイスナー効果の有無
4%	○	25%	×
8%	○	50%	×
12%	△	75%	×
16%	×	100%	×

4%、8%、12%の試料は超伝導体の転移温度である 92K 付近で超伝導転移を起こした。16%の試料は今回の実験では確認できなかったが、液体窒素の温度である 77K より低い温度では超伝導転移を起こす可能性がある (グラフ 1)



25%、50%の試料は温度が低下するにつれて電気抵抗が大きくなった。(グラフ 2)



75%、100%の試料は脆く、端子をつけることができなかつたため電気抵抗は測定できなかつた。

(実験 2)

電圧計、定電流装置、データロガー、白金温度計を準備したがパソコンと接続するのに必要なコードが手に入らず、行うことができなかつた。

5. 考察

置換する割合を増やすことで転移温度が変化した試料や、超伝導体にならない試料が生じた。試料の転移温度が変化した試料については、YBCO 超伝導体とは異なる超伝導体が生じたと考えられる。また、超伝導体にならなかつた試料については、YBCO 超伝導体の結晶構造において原子半径等の違いをもつジルコニウムではイットリウムのサイトに入ることが出来ず、結晶構造が崩れてしまった可能性が考えられる。

6. 結論

考察からイットリウムの一部をジルコニウムに置換すると、超伝導体にはなつたが転移温度は低下した。また、置換する割合が一定量を超えると、超伝導体にならなかつた。

今後は、何故ジルコニウムが置き換われなかつたかを調べる。また、必要なコードを用意し、自分たちの力のみで実験を行う。