

YBCO 超伝導体の Zn 置換の混合割合による変化

物理班：伴 虎太朗 家根 梨帆 矢引 理緒 山本 英明

要約

本研究の目的は、YBCO 超伝導体の Cu を Zn 置換したものの不純物効果について明らかにすることである。実験によって、温度変化による電気抵抗の変化が YBCO 超伝導体のものよりも緩やかになることが分かった。従って本研究では、Cu を Zn 置換することで、転移温度は上がらないが、不純物効果によって一定の温度の間緩やかに電気抵抗が下降するということが結論付けられた。

Abstract

The purpose of this study is to clarify the impurity effect of Zn substitution of Cu in YBCO superconductors. This experiment shows that the changes in electrical resistance due to temperature changes are milder than those of YBCO superconductors. Therefore, it was concluded in this study that the transition temperature does not rise by replacing Cu with Zn, but the electrical resistance drops gently for a certain temperature due to the impurity effect.

1. 序論

高津高校の先行研究で行われていたことから YBCO 超伝導体の存在を知った。超伝導体がりニアモーターカーに使われていること、その中で転移温度を高温にすることが課題であることを知り、解決したいと考えた。この問題を解決するには、現在はまだ見つかっていない高温でも超伝導を示すような超伝導体の混合割合を発見することが重要である。そこで本研究では YBCO 超伝導体の Cu の一部を Zn に置換し、その混合割合による転移温度の変化を調べる実験を行った。

2. 研究手法

- ① 材料 (Y_2O_3 、CuO、 $BaCO_3$ 、ZnO)、葉さじ、電子天秤、乳鉢、乳棒を用意する。
- ② Cu の物質質量に対する Zn の物質質量の割合 (5%、4%、3%、2%、1%、0.50%、0.25%、0.10%、0.01%、0%) を変えてそれぞれ乳鉢で 1 時間半混ぜた。
- ③ その試料を岡山大学に送り、加工、マイスナー効果の発現の有無、温度変化による電気抵抗を測定していただいた。

※マイスナー効果…磁場の中に超伝導体を置いたときに、磁場を超伝導体の中から外に押し出してしまいう現象。この現象が確認されたとき、その超伝導体が超伝導状態に達したことになる。

3. 結果

本来、混合割合が0%の時、超伝導状態に移行する際、今回の結果よりも電気抵抗が急激に低下するはずであるが、本実験では電気抵抗が緩やかに低下した。

0.1%、0.25%でマイスナー効果を示し、混合割合が大きいほど転移温度が下がった。それ以外の混合割合（0.01%、0.5%、1%、2%、3%、4%、5%）の試料はマイスナー効果を示さなかった。

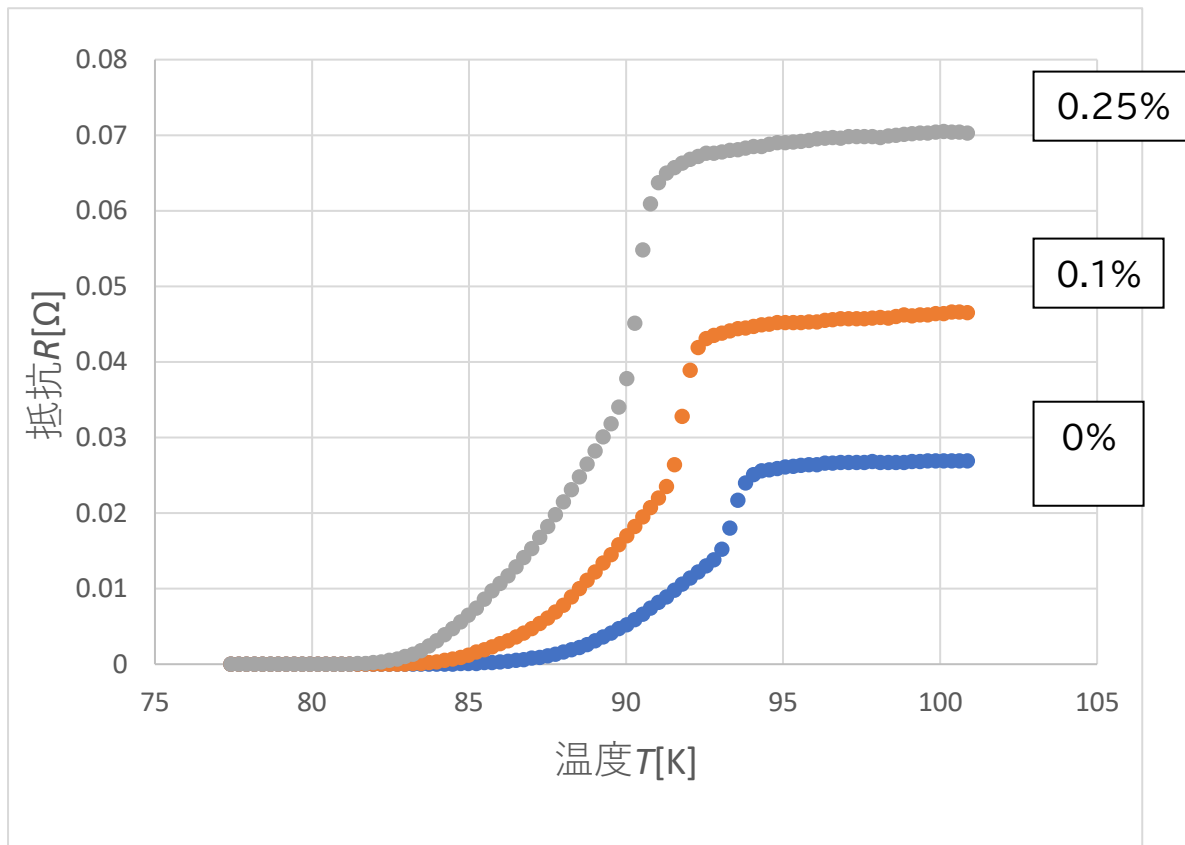


図1：温度変化による電気抵抗のグラフ（0%、0.1%、0.25%）

4. 考察

0.5%以上の混合割合では Zn が Cu サイトに入ることができず、結晶構造を崩し超伝導を示さなかったのではないかと考えられる。0.01%では混ぜ不足のため超伝導体にならなかったと考えられる。

0%の場合に本来のグラフの形と異なり緩やかになっていたのは、混ぜる過程で本来混合しない物質が入り込んだか、超伝導体を作る過程での問題があった可能性があると考えられる。

電気抵抗と温度変化のグラフが緩やかになるという特徴が見られ、本来の目的とは異なるが新たな発見ができた。

5. 結論

Cu を Zn に置換しても、より高い温度で超伝導を示さない。不純物効果により温度変化による電気抵抗の変化が緩やかになるという特徴について、さらに詳しい研究を行うことを今後の展望としたい。

6. 参考文献ならびに参考 Web ページ

下山淳一 「トコトンやさしい超伝導の本」 日刊工業新聞社 (2003 年)

国立研究開発法人科学技術振興機構

<https://www.jst.go.jp/seika/bt107-108.html>

高校化学 Net 参考書~周期表と元素データ~

http://ko-ko-kagaku.net/element/30_Zn.html